

Implementação de standards na secção de Câmaras de Combustão

Empresa: BOSCH Termotecnologia SA

Rui Pedro Oliveira de Castro

Projecto final do MIEM

Orientador na BOSCH Termotecnologia SA: Engenheiro João Simões Pereira

Orientador na FEUP: Doutor Nuno Soares



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Fevereiro 2008

À minha família

Resumo

Este projecto desenvolveu-se na fábrica de esquentadores, caldeiras e painéis solares de aquecimento de água do Grupo Bosch, situada em Cacia, Aveiro. Teve como principais temas a implementação de standards na secção, tanto ao nível das peças fabricadas como nas sequências de trabalho realizadas pelos operadores, a continuação do projecto de implementação da filosofia *Total Productive Maintenance* (TPM) e a realização de pequenos projectos de melhoria. Embora possam parecer temas muito distintos, na verdade, encontram-se todos relacionados porque todos visam aumentar a produtividade da secção através da melhoria contínua ao nível dos processos, meios e equipamentos, produtos e pessoas.

A realização destes projectos implicou o acompanhamento contínuo de todos os factores que contribuem para o desempenho da secção produtiva, a elaboração de acções de melhoria, sua aplicação e verificação dos resultados para normalização dos procedimentos. A implementação e cumprimento de standards visa diminuir a variabilidade dos processos de modo a estes se tornarem mais estáveis e regulares aumentando a sua produtividade. Para a sua implementação foi necessário o desenvolvimento e normalização dos melhores modos de se realizar uma sequência de trabalho ou de fabrico de um determinado componente, partindo de um modo base e sequencialmente introduziram-se modificações de forma a melhorar o processo. Depois de encontrado o modelo a seguir, foi necessário garantir o seu cumprimento por parte de todos os colaboradores, através da formação dos mesmos e da verificação diária do seu cumprimento, procedimento que permitiu detectar melhorias que foram introduzidas com a consequente evolução dos standards definidos ao longo do tempo.

A filosofia TPM visa também uma redução da variabilidade e estabilidade dos processos, concentrando-se sobretudo no aumento da disponibilidade dos equipamentos e seu comportamento. No âmbito da Manutenção Preventiva Total, é realizado um acompanhamento diário dos equipamentos por parte dos operadores que foram formados previamente para realizarem pequenas tarefas de manutenção, limpeza e inspecção permitindo detectar e corrigir pequenos problemas antes que dessem origem a avarias graves. Este processo só foi conseguido através do trabalho de equipa e envolvimento de todos os intervenientes dos departamentos de Produção e os de suporte (Logística, Manutenção, Engenharia e Gestão).

Abstract

This project was developed in the manufacturing factory of gas heaters, boilers and solar panels for heating water from the Bosch Group, located at Cacia, Aveiro. Its main themes were the implementation of standards in the section, not only in the produced parts but also the sequence of work carried out by workers, the implementation of a project of Total Productive Maintenance (TPM) and the execution of small improvement projects. Although they seem to be distinct items, their main aim is to increase the productivity of the section through the continuous improvement of processes, means and equipments, products and people.

The execution of these projects involved the continuous supervision of all the elements that contribute at the productive section, the preparation of improvement actions, their implementation and verification of results for normalization of procedures. The standards implementation aims to reduce the variability of processes in order to become more stable and steady, improving their productivity. For their implementation, it was necessary to develop and normalize better ways of accomplishing a sequence of work or to produce a specific component, starting from a basis point and sequentially introducing changes in order to improve the process. After identifying the correct model, it was necessary to assure that all the workers would accomplish it, through training and daily verification of its implementation. This procedure allowed detecting improvements, leading to an evolution of the defined standards through time.

The TPM main aim is to reduce the variability and increase stability of processes, particularly focusing in the increase of the availability of equipments and their behavior. In the field of Total Productive Maintenance, the workers had been trained to carry out small tasks of maintenance, cleaning and inspection. The daily supervision on the equipments made by the workers allowed detecting and making amends for small difficulties before they give rise to serious failures. This process was only accomplished by team work and the involvement of all the participants of the Production and Logistics, Maintenance, Engineering and Management departments.

Agradecimentos

Estou muito grato a todos os colaboradores da Bosch Termotecnologia que me souberam receber e contribuíram para o meu processo de aprendizagem, demonstrando sempre uma grande disponibilidade e compreensão.

No entanto, de todos os colaboradores, tenho de destacar as duas pessoas com quem convivi mais próximo. Ao Sr. José Amaro que me soube receber na sua secção de produção, devo a forma como ele me ensinou a lidar com as dificuldades que vão surgindo, mas sobretudo, como lidar com as pessoas e saber falar com elas.

Ao Engenheiro João Pereira agradeço a forma como me ensinou a avançar sempre para além do óbvio procurando fazer sempre o melhor, a sua disponibilidade para o esclarecimento de qualquer dúvida e sobretudo pela liberdade concedida para a realização das diversas tarefas.

Não posso deixar de agradecer ao Dr. Nuno Soares que me ajudou durante a realização do projecto, estando sempre disponível para me receber e ajudar a manter o ritmo de trabalho e a organizar e transmitir as ideias.

Índice de Conteúdos

Índice de Conteúdos	vi
Índice de Figuras	viii
Índice de Tabelas	ix
Índice de Gráficos	x
Índice de Equações	xi
1 Introdução	1
1.1 Apresentação da empresa	1
1.2 Descrição da Secção 842 – Câmaras de Combustão	2
1.3 Enquadramento do projecto de estágio	3
2 TPM – Total Productive Maintenance – Modelo Bosch	4
2.1 Introdução	4
2.2 BPS – Bosch Production System	4
2.3 Definição de TPM	5
2.4 A Casa TPM	7
2.4.1 5'S	8
2.4.2 Os Pilares TPM	8
2.5 OEE – Overall Equipment Effectiveness	10
2.6 Quadro TPM	11
2.7 One Point Lesson	13
2.8 Implementação do TPM na secção	15
2.8.1 1º Pilar: Eliminação dos principais problemas	15
2.8.2 Planos de Manutenção Autónoma	19
2.9 Resultados e sua discussão	26
2.10 Conclusão	29
3 Estabelecimento de serpentinas standard nas Câmaras de Combustão	30
3.1 Introdução	30
3.2 Processo de fabrico das CC	30
3.3 Situação inicial	33
3.4 Intervenção nas máquinas do fabrico de serpentinas	34
3.5 Acompanhamento do fabrico das serpentinas	35
3.6 Resultados e sua discussão	38
3.7 Conclusão	40
3.8 Estudo de substituição do processo de soldadura manual dos tubos de caldeira, por um processo automático	40
4 Trabalho normalizado – Standardized Work	43

4.1	Introdução	43
4.2	Introdução ao trabalho normalizado	43
4.3	Confirmação do processo	45
4.4	Pequenas melhorias efectuadas no âmbito do trabalho normalizado	48
4.5	Resultados e sua discussão	52
4.6	Conclusão	54
5	Projecto de uma nova CC – Engenharia Simultânea	55
5.1	Introdução	55
5.2	Capacidade de um processo	55
5.3	Estudo do caso	56
5.4	Conclusão	60
6	Pequenos projectos de melhoria contínua	61
6.1	Introdução	61
6.2	CIP – Continuous Improvement Process (Processo de Melhoria Contínua)	61
6.3	Sistema de Sugestões	62
6.4	Exemplos de sugestões analisadas	63
6.4.1	Alteração do sistema de verificação do nível do óleo	63
6.4.2	Alteração do Sistema de Fixação do Cabeçote	63
6.4.3	Alteração dos desenroladores	64
6.5	Alteração de Layout	64
6.6	Conclusão	66
7	Conclusão e trabalhos futuros	67
8	Bibliografia	71
9	Anexos	72
Anexo A:	Matriz escalonamento problemas durante montagem	72
Anexo B:	Matriz escalonamento problemas durante Manutenção autónoma	73
Anexo C:	Instrução de Manutenção de 1º Nível utilizada antes do TPM	74
Anexo D:	Folha Resolução de Problemas	75
Anexo E:	Análise de Pareto efectuadas às perdas (dados mensais)	79
Anexo F:	Gráfico de evolução de anomalias	83
Anexo G:	“Cockpit Chart” – “Indicadores do TPM – Valores final Dezembro”	84
Anexo H:	Plano de Manutenção Autónoma – Versão completa de uma das zonas	85
Anexo I:	Evolução do desenho do casquilho	89
Anexo J:	Máquina especificada para furar as serpentinas	90
Anexo K:	Documentação Trabalho Normalizado	91

Índice de Figuras

Figura 1 – Esquema do processo de fabrico das câmaras de combustão	2
Figura 2 – Casa TPM – Modelo Bosch	7
Figura 3 – Factores que influenciam o cálculo do OEE	10
Figura 4 – Quadro de informação TPM	12
Figura 5 – One Point Lesson criada para a secção	14
Figura 6 – Diagrama de Ishikawa.....	17
Figura 7 – Diagrama de Ishikawa e análise “5 Porquês”	18
Figura 8 – Simbologia utilizada na Bosch Termotecnologia	20
Figura 9 – Equipamento com o respectivo símbolo de tarefa de manutenção autónoma	20
Figura 10 – Manómetros sinalizados com a pressão de funcionamento.	21
Figura 11 – Plano de Manutenção autónoma utilizado noutra secção	23
Figura 12 – Versão final Plano de Manutenção Autónoma.....	24
Figura 13 – Câmara de Combustão	30
Figura 14 – Folgas admissíveis para brazagem.....	32
Figura 15 – Serpentina e coordenadas que a definem	32
Figura 16 – Gabarito construído para a realização de testes funcionais.....	41
Figura 17 – Checklist para realização da confirmação do processo.....	47
Figura 18 – Marcação no chão do trajecto dos operadores	49
Figura 19 – Código de cores por família	49
Figura 20 – Componentes identificados com cor correspondente.....	50
Figura 21 – Figuras identificadas com a cor correspondente	50
Figura 22 – Transporte de gabaritos antes da implementação da gestão visual por cores	51
Figura 23 – Meios logístico identificados com a cor correspondente	51
Figura 24 – Corredor exclusivo para meios logísticos dos gabaritos do forno	52
Figura 25 – Localização do furo para o sensor.....	56
Figura 26 – Desenho inicial do casquilho	56
Figura 27 – Aspecto de um furo realizado com broca Flowdrill.....	57
Figura 28 – Solução final de casquilho utilizada.....	59
Figura 29 – Sistema de verificação do óleo existente na secção	63
Figura 30 – Exemplo de sistema de verificação do óleo pretendido	63
Figura 31 – Ferramenta alvo de alteração do sistema de fixação	64
Figura 32 – Desenroladores existentes na secção.....	64
Figura 33 – Layout inicial e final	65

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Planeamento das acções tomadas	38
Tabela 2 – Perdas por serpentina fora especificação	39
Tabela 3 – Pontuação “5 S” da Secção em 2008	53
Tabela 4 – Resultados do ensaio funcional (valores em mm)	58
Tabela 5 – Valores de especificação	58
Tabela 6 – Valores de C_p e C_{p_k}	58

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Evolução temporal dos factores de perdas	27
Gráfico 2 – MTBF – Tempo médio entre avarias	28
Gráfico 3 – Evolução anual do nº de avarias	28
Gráfico 4 – Efeito das acções previstas	39

Índice de Equações

Equação 1 – Cálculo do OEE.....	10
Equação 2 – Cálculo do indicador Disponibilidade.....	11
Equação 3 – Cálculo do indicador Eficiência.....	11
Equação 4 – Cálculo do indicador Qualidade.....	11
Equação 5 – Cálculo da capacidade de um processo (Cp).....	55
Equação 6 – Cálculo do Cp_k	56
Equação 7 – Cálculo do factor “k”... ..	56

1 Introdução

1.1 Apresentação da empresa

A Vulcano iniciou a sua actividade em Cacia, no ano de 1977. No início da sua actividade era constituída exclusivamente por capital nacional. Para iniciar a sua actividade a Vulcano teve necessidade de realizar um contrato de licenciamento com o grupo BOSCH para transferência de tecnologia que era usado nos esquentadores Junkers.

Usando como fonte de crescimento a qualidade dos seus aparelhos produzidos, uma clara estratégia de venda e a assistência pós venda, a Vulcano consegue em 1983 lançar uma marca própria – a Vulcano – tornando-se em pouco tempo líder do mercado nacional de esquentadores.

Em 1988, o Grupo BOSCH adquire grande maioria do capital da Vulcano, ficando esta a fazer parte da divisão Termotécnica da BOSCH, passando a chamar-se Vulcano Termodomésticos, S.A. O Grupo BOSCH transfere então competências e equipamentos para a Vulcano de forma a criar um centro de especialização na área da Termo Técnica. Em 1992, a Vulcano torna-se líder europeu no mercado de esquentadores e um ano mais tarde é instalado um departamento de I&D nas instalações de Cacia. Em 1999, a Vulcano atinge uma produção de 1 milhão de esquentadores, valor que com o passar do tempo tem aumentando.

Devido ao elevado ênfase que a Vulcano possui tanto dentro do grupo Bosch como no mercado europeu e mundial o Grupo BOSCH decide tornar a Vulcano Termodomésticos S.A. o Centro de Competência da Robert Bosch para a produção de esquentadores, em 2002 é atribuída à Vulcano a Responsabilidade Mundial no Grupo BOSCH do produto esquentador.

A Vulcano é uma empresa virada para o cliente, visto que se preocupa em manter o seu cliente sempre satisfeito, com o máximo de conforto e comodidade possível. Sendo assim apresenta uma visão e missão muito clara. Com visão apresenta “Nós convencemos – como líder mundial no conforto de água quente, pela inovação e rentabilidade”, já a sua missão é assente em seis pontos-chave, que são: a internacionalização, o crescimento e resultados, a sociedade e o ambiente, os clientes, colaboradores e chefias e por último os processos.

Os pontos-chave nos quais a Bosch Termotecnologia assenta a sua missão são as condições necessárias para o sucesso e crescimento sustentado da empresa, podendo ser resumidos de forma simples. Um dos pontos-chave da empresa é a expansão do mercado de negócios fora da Europa. Para tal conta com a sua forte capacidade de adaptação aos diversos mercados que encontra. O segundo ponto-chave da Bosch Termotecnologia é o factor crescimento e resultados. Deste modo a Vulcano tenta estar sempre à frente, crescer mais que os seus concorrentes directos, seja apostando no desenvolvimento de novos produtos, ou na conquista de novos mercados, tendo sempre em atenção a relação qualidade – custo. Outros dos pontos com elevado interesse é a sociedade e o ambiente. É de realçar a constante preocupação por parte da Vulcano em respeitar e cumprir todas as normas, leis e regulamentos que lhe são impostos. De facto, muitas normas ambientais já eram seguidas na Vulcano, mesmo antes de serem adoptadas pela legislação portuguesa. Um dos pontos essenciais para o sucesso da empresa é os clientes. A Vulcano tem como preocupação, satisfazer os seus clientes estando sempre sabendo escutar os seus clientes e a sua satisfação, traduzindo-se na capacidade de criar produtos à medida de cada cliente, introduzindo constantemente melhorias, garantindo sempre a adequação às necessidades dos seus clientes. De forma a conseguir ter uma ideia da sua posição junto dos seus clientes e concorrentes a Vulcano usa um sistema de inquéritos. Este sistema permite verificar possíveis falhas e modos de as corrigir. A Vulcano preocupa-se

em manter um bom relacionamento entre todos os seus colaboradores. Deste modo faz uma forte aposta no envolvimento de todos os colaboradores em vários projectos, assim como lhes concede formação, para que estes desenvolvam as suas capacidades tornando-se cada vez mais competentes, motivados e eficientes. É de salientar o número considerável de colaboradores que todos os anos completam os seus estudos, dentro das instalações da Bosch Termotecnologia.

A Vulcano enquanto empresa é constituída por 23 departamentos. Dentro de estes departamentos encontramos o departamento de Produção, MOE 2 que engloba todas as secções produtivas. A secção na qual o meu estágio foi desenvolvido é a Secção S842 – Câmaras de combustão.

1.2 Descrição da Secção 842 – Câmaras de Combustão

Esta secção é uma das mais relevantes da fábrica por produzir a peça mais importante de um esquentador: a câmara de combustão (CC), elemento responsável pela transferência de calor dos gases de combustão para a água.

Esta secção tem 3 linhas produtivas sendo duas automáticas e uma manual. Uma das linhas automáticas apenas produz CC de 10 L, o produto A (o modelo de maior procura). A linha manual e a segunda linha automática têm capacidade para produzirem todas as referências. De estas duas, a linha automática está vocacionada para séries médias/grandes enquanto a linha manual é apenas utilizada para pequenas séries ou quando a capacidade das linhas automáticas não é suficiente para a produção pretendida. As duas linhas automáticas devem o seu nome ao facto de as prensas alimentarem de forma autónoma o processo, posicionando os seus componentes na posição de montagem final.

Nas 3 linhas procede-se ao fabrico dos componentes que constituem uma CC e à sua montagem. Uma CC pode ser descrita como um invólucro em cobre, (a que se designa por “Saia”), que protege a chama, que tem no topo oposto ao queimador, um permutador de calor constituído por tubagens de água e alhetas. Toda a saia é arrefecida por duas tubagens que a rodeiam, a que se dá o nome de Serpentinhas e se encontram ligadas ao permutador.

O processo de fabrico das câmaras de combustão encontra-se esquematizado na figura 1. A matéria-prima utilizada é o cobre, quer sob a forma de chapa, quer de tubo. A chapa de cobre é conformada através de prensas, que fabricam por este processo a saia e as alhetas. O tubo de cobre é dobrado e cortado dando origem às serpentinhas e outras tubagens de menores dimensões que constituem o permutador de calor. Todas estas peças vão sendo montadas entre si, com uma forte componente manual, mesmo nas linhas automáticas, especialmente as peças tubulares. Durante a sua montagem, as peças sofrem vários processos de ajuste dos componentes entre si, de forma a reduzir a folga existente.



Figura 1 – Esquema do processo de fabrico das câmaras de combustão

Depois da montagem as CC sofrem um processo de brazagem no forno, existindo dois fornos para esse fim. As CC são montadas em gabaritos (pequenos dispositivos em aço que garantem a posição da CC enquanto se desloca através do forno) e colocadas solda. Um dos fornos utiliza solda em pasta, colocada por 2 robots de 3 eixos, enquanto no outro forno a solda é colocada em barras, de forma manual.

Após a saída do forno, todas as câmaras são inspeccionadas para detectar eventuais zonas por soldar, ou fugas nas tubagens. Qualquer destes problemas é corrigido por soldadura manual, e a CC testada até poder ser considerada como apta. A CC pode então ser transferida para as linhas de montagem final, onde irá incorporar um aparelho (esquentador ou caldeira).

1.3 Enquadramento do projecto de estágio

Devido ao aumento do custo do cobre, este assume cada vez maior protagonismo entre os custos da secção e da empresa. Desta forma a Bosch Termotecnologia tem vindo a desenvolver acções que visam a diminuição da utilização do cobre e sobretudo, rentabilizar a sua utilização.

É neste cenário que se enquadra o meu estágio, ou seja pretende-se, por um lado, eliminar ou reduzir a sucata produzida, e por outro, eliminar todo o desperdício existente, utilizando os recursos disponíveis da forma mais eficiente, aumentando a produtividade, qualidade diminuindo os custos. Isto deverá ser conseguido através da detecção e eliminação de todos os potenciais focos de aparecimento de não conformidades ao nível dos componentes, recursos disponíveis (equipamentos ou trabalhadores), promovendo a melhoria contínua dos processos, recursos e sua gestão.

Desta forma, durante o meu estágio foram abordados 3 grandes temas: o acompanhamento do projecto TPM (Total Productive Maintenance ou Manutenção Preventiva Total) numa das linhas da secção e a implementação na parte restante da mesma, o estabelecimento de standards nas Câmaras de Combustão e a implementação do trabalho normalizado. Embora à partida se tratem de temas distintos, acabam por ter muitos pontos em comum, havendo muitas acções que não se consegue definir as fronteiras sobre a que tema se refere. O projecto de TPM – Modelo Bosch, visa sobretudo, aumentar a disponibilidade e fiabilidade dos equipamentos para que se possa operar com maior eficiência, qualidade e da forma mais normalizada possível. O estabelecimento de standards nas CC visa sobretudo aumentar a qualidade dos nossos produtos dotando ao mesmo tempo o processo de procedimentos normalizados e sistemáticos para redução da variabilidade associada ao processo. O projecto de implementação de trabalho normalizado assenta num destes aspectos: a definição de procedimentos normalizados e sua execução sistemática de forma a reduzir a variabilidade de todo processo, e logo, a sua instabilidade

A par destes projectos houve lugar a um projecto de fabrico de uma nova CC, o qual implicou a detecção de problemas detectados ao nível do processo produtivo, que foram solucionados com recurso a técnica de Engenharia Simultânea.

Por último, foram implementadas pequenas acções de melhoria contínua, algumas das quais realizadas no âmbito dos temas acima mencionados, que pela sua relevância, merecem uma breve referência.

2 TPM – Total Productive Maintenance – Modelo Bosch

2.1 Introdução

O TPM é uma importante ferramenta que visa sobretudo, o aumento da disponibilidade dos recursos utilizados (máquinas e equipamentos). Durante este projecto foi dada continuidade ao projecto TPM e sua evolução. Para além do acompanhamento dos indicadores da secção (eficiência, qualidade, disponibilidade dos equipamentos), foi feita a análise dos maiores factores de perdas e paragens durante a produção e seu controlo. Esta tarefa não se revelou fácil devido à quantidade de factores que originam micro – paragens da produção.

No sentido de avançar o projecto para o nível seguinte efectuou-se a distribuição de pequenas tarefas de manutenção, inspecção e limpezas pelos operadores da máquina. Foi uma acção que implicou a colaboração e compreensão de todos os intervenientes. Esta mudança ao nível da manutenção implicou uma alteração da forma de funcionamento da linha de produção e seus colaboradores e a necessidade de realizar formação nesta matéria aos colaboradores.

A evolução dos resultados da secção revela que todos os esforços realizados surtiram efeito, e no momento a situação encontra-se mais favorável do que no início do projecto, havendo no entanto margem para melhoria.

2.2 BPS – Bosch Production System

O BPS é um conjunto de princípios, fundamentos e ideias que devem estar presente em todas as acções tomadas no Grupo Bosch. Segundo a definição utilizada pela Bosch “*O BPS é uma iniciativa para todo o grupo Bosch [...] assente em oito princípios e que tem por base a gestão integrada da cadeia de valor*” (intranet Bosch). No fundo, todos os objectivos nos quais o BPS assenta, possuem muitos pontos em comum e têm o mesmo objectivo: a melhoria dos processos através da remoção de todo o desperdício e o envolvimento de todos os colaboradores. Os oito princípios sobre os quais o BPS assenta são (Intranet Bosch):

- (i) “Sistema Pull – Devemos produzir apenas o que o cliente deseja, no momento certo, nem antes nem depois, nem mais nem menos.”
- (ii) Orientação ao processo – O aumento da eficiência e diminuição dos desperdícios deve ser feita analisando o processo como um único elemento, e não efectuando melhoria individualmente posto a posto.
- (iii) “Qualidade perfeita – Fazer bem à primeira.” O objectivo de qualquer deverá ser trabalhar no sentido de produzir sem defeitos, sem necessidade de executar tarefas que não acrescentam valor (reparação) e significam desperdício.
- (iv) Flexibilidade – Cada empresa deve ser capaz de se adaptar facilmente aos desejos dos seus clientes de forma a conseguir acompanhar a constante mudança dos requisitos esperados.
- (v) Standardização – Adoptar sempre procedimentos testados e normalizados permitindo conferir estabilidade ao processo e detectar precocemente desvios para sua imediata correcção.

- (vi) Processo Transparentes – Com processos transparentes, cada um conhece os objectivos e o que deve fazer. Desta forma é possível detectar facilmente a origem dos problemas que tenham ocorrido e efectuar a sua correcção. Só se consegue detectar aquilo que é visível.
- (vii) “Melhoria contínua – Existe sempre espaço para melhorar.” A situação actual deve ser apenas uma base para melhoria. Há sempre desperdício que pode ser eliminado, havendo sempre uma melhor forma de produzir, mais eficientemente, com maior qualidade, mais rapidamente, a um menor custo.
- (viii) Envolvimento de todos os colaboradores – São a base de toda a organização e as melhorias só podem ser conseguidas com o esforço de cada um e o trabalho de equipa para superação dos objectivos.

O BPS “...não introduz novas ferramentas e iniciativas mas uma maneira de pensar e gerir. Uma maneira de fazer as coisas.” (Rother, 2007). De facto o BPS não introduz ferramentas novas, limita-se a utilizar da melhor forma todas aquelas que desde há muito vêm sendo desenvolvidas em vários locais.

O TPM – Total Productive Maintenance é uma das ferramentas utilizadas pelo BPS.

2.3 Definição de TPM

O TPM – Total Productive Maintenance (ou Manutenção Produtiva Total), mais do que uma ferramenta, é uma filosofia que tem como objectivo aumentar a qualidade e a produtividade através da maximização da eficiência dos equipamentos durante toda a sua vida útil. “O que o TPM faz é atacar as perdas que se encontram escondidas” (Hansen, 2001).

O TPM e as ideias associadas a esta filosofia foram inventadas pela General Electric Corporation na década de 1950 mas foi no Japão que o TPM foi implementado e desenvolvido de uma forma mais profunda, inicialmente sob a orientação de Seiichi Nakajima, considerado por muitos como “o Pai do TPM” (Bosch, 2008).

A filosofia TPM pode ser aplicada praticamente todos os sectores, pois visa atingir o máximo de eficiência através da eliminação de todos os factores de desperdício. No Japão, as empresas que adoptaram o TPM, começaram por implementar os conceitos associados ao nível da produção por ser a área mais crítica para uma unidade fabril. Com o aumento da experiência ao nível da utilização do TPM, e a melhoria dos resultados, o TPM foi estendido a outras áreas das empresas tais como a logística, fornecedores, vendas, ao nível dos processos e mesmo no escritório. A título de exemplo, uma empresa do sector da venda ao público a retalho iniciou recentemente a implementação dos conceitos do TPM ao nível dos seus processos (Bosch, 2008).

O TPM possui muitos métodos e conceitos associados, tendo uma vasta aplicação. No entanto não apresenta um modelo único. Cada empresa adapta a filosofia TPM e as suas ferramentas às suas necessidades. Desta forma, cada corporação apresenta um modelo diferente, com ferramentas e metodologias que podem variar consoante a corporação, mantendo no entanto a mesma filosofia e os mesmos objectivos a atingir:

- (i) Zero avarias;
- (ii) Zero defeitos;
- (iii) Zero acidentes;
- (iv) Zero desperdício;

(v) Eficiência máxima.

O TPM está relacionado com os 8 princípios do BPS: através do TPM conseguem-se processos estáveis que aumentam a *Flexibilidade* dos nossos processos e a *Qualidade* dos produtos, originando *Processos Transparentes* e possibilitando que o *Sistema Pull* seja seguido. Utiliza procedimentos *Normalizados* estando em constante *Melhoria*, só sendo possível se tiver o *Envolvimento* e o compromisso de todos os envolvidos com os processos produtivos.

Alguns autores da bibliografia consultada consideram que a “contribuição do TPM para um sistema de produção *Lean*, produção *Just in Time* e adopção do sistema *Total Quality Management* é indispensável”(Bamber, Sharp and Hides, 1999) e que “o efeito de cada um destes programas não deve ser avaliado de forma isolada. Encontram-se todos extremamente interligados e em combinação ajudam a aumentar a produtividade” (McKone, Schroeder and Cua, 2001).

A Bosch possui um modelo único de TPM, igual para todas as divisões da corporação. O modelo utilizado durante todo este projecto foi o TPM – Modelo Bosch. Este modelo possui as linhas que servem de guia para a implementação e desenvolvimento dos projectos TPM, com a descrição das etapas que devem ser seguidas, as ferramentas a adoptar e metodologias. No entanto, a aplicação das ferramentas, a sua forma de utilização, toda a simbologia associada e formas de aplicação das metodologias são únicas para cada empresa do grupo. Desta forma poderão se verificar simbologias e aplicações diferentes de empresa para empresa. Regularmente são realizados intercâmbios entre os responsáveis de projectos TPM de várias empresas para promover a partilha de boas práticas e ideias TPM para que toda a corporação possa beneficiar de melhorias realizadas.

A implementação do TPM só pode ser conseguida com o envolvimento de todos os departamentos que estejam ligados directamente com o equipamento produtivo, bem como todos os departamentos de apoio que estejam relacionados, abrangendo o Homem, Máquina, Material e o Método/Fluxo de produção. Implica o envolvimento e aumento das responsabilidades dos trabalhadores que operam os equipamentos, tornando-os cada vez mais autónomos, sendo parte importante das decisões tomadas pelos responsáveis de gestão.

Nenhum dos 4 factores enumerados anteriormente é ignorado, não podendo o TPM ser visto olhando para cada um separadamente, mas globalmente. Nenhum destes factores se encontra isolado, havendo interacção entre todos eles. Uma modificação num destes parâmetros deverá ser acompanhado de um acompanhamento dos outros factores para necessidades de ajuste.

Um dos factores que normalmente concentra grande parte da atenção dos gestores é a máquina, não só por ser geralmente alvo de um grande investimento, mas também pela sua importância para o processo produtivo. Desde que um equipamento é adquirido, com o passar do tempo este vai se degradando diminuindo o seu rendimento. Com actividades de inspecção e manutenção realizadas periodicamente, é possível aumentar a sua vida útil, prolongando-se a sua disponibilidade. Para realizar estas actividades, é necessário tempo, o que implica que muitas vezes seja necessário parar durante o horário de trabalho. No entanto, é preferível que estas paragens sejam planeadas, desde a sua periodicidade à duração, a parar por avaria, com duração e ocorrência que não são controlados.

A gestão deverá estar ciente destas vantagens para que estas mudanças comportamentais possam ser adoptadas de forma sistemática e normalizada. As mudanças de comportamentais levam a que o processo de implementação seja um pouco longo. Segundo a bibliografia consultada, para grandes empresas, o tempo necessário para que um projecto TPM se encontre completamente implementado varia normalmente entre 3 e 5 anos, sendo que este deve ser visto como “um compromisso a longo – prazo para atingir zero desperdício e não um modo de se atingirem os resultados a curto – prazo” (Willmott and McCarthy, 2001).

2.4 A Casa TPM

Toda a metodologia, os conceitos e a sua implementação, podem ser associados a uma casa. Para uma maior visualização e interiorização dos conceitos do TPM, a Bosch criou a “Casa TPM”, uma ferramenta visual de auxílio a todos os intervenientes em projectos TPM. A “Casa TPM” pode ser observada na figura 2.

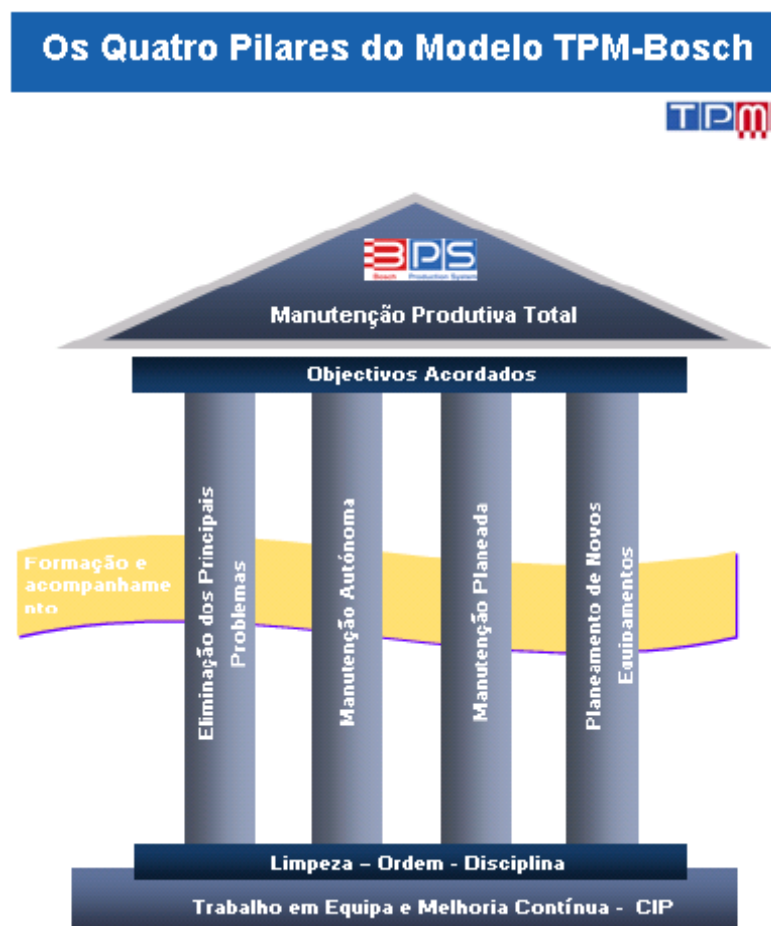


Figura 2 – Casa TPM – Modelo Bosch

Fonte: Intranet Bosch

Tal como uma casa, o TPM assenta numa base sólida, na qual vão sendo construídos pilares até que se tenha atingido o(s) objectivo(s): uma estrutura sólida e eficaz e que cumpra a sua função.

Na base desta casa encontram-se o trabalho de equipa a melhoria contínua e os 5'S, que para uma maior interiorização pela parte dos colaboradores, se substituiu pelas palavras “Limpeza-Ordem-Disciplina”.

Para a implementação deste processo, é necessário que todos sejam e se sintam envolvidos, fazendo parte do próprio processo, pois só assim este poderá melhorar, e a contribuição de cada um tenha real valor. “Para que o TPM seja verdadeiramente adoptado como parte dos processos da empresa é necessário realizar grandes esforços para mudar a visão tradicional de manutenção dos colaboradores” (Bamber, Sharp and Hides, 1999). A manutenção dos equipamentos é responsabilidade de toda a equipa. Os problemas, as acções e responsabilidades deixam de ser deste ou daquele e passam a ser de todos e de cada um. A experiência de trabalho molda o comportamento do trabalhador, e esta mudança de

comportamento só pode ser conseguida através da melhoria das condições de trabalho e aumento do envolvimento do colaborador. No entanto, é necessário que todos saibam o que fazer, quando fazer e como fazer. É necessário haver disciplina para que todas as acções sejam implementadas e os objectivos sejam cumpridos.

É necessário ter em conta que nunca se está suficientemente bem. Há sempre oportunidade de melhorar e é imperativo que se melhore, todos os dias, sempre, tornando os processos mais limpos, mais eficientes.

2.4.1 5'S

Os 5'S foram desenvolvidos pela Toyota, e são um processo sistemático para aumentar a limpeza e a ordem no local de trabalho. Tanto pode ser utilizado num local fabril como num escritório. A cada S, corresponde um passo de implementação (Skaggs, 2008):

- (i) Seiri – Eliminar – Eliminar do local de trabalho tudo o que não é necessário;
- (ii) Seiton – Ordenar – Colocar tudo no seu local de maneira a ser fácil de utilizar quando necessário;
- (iii) Seiketsu – Brilhar – Conservar o local de trabalho limpo, de maneira a detectar facilmente alguma irregularidade;
- (iv) Seisou – Normalizar – Realizar todos os passos de forma regular e normalizada;
- (v) Shitsuke – Manter – Manter todas as melhorias conseguidas através da disciplina e confirmação regular.

No fundo o que os 5'S nos dizem é que cada coisa deve estar no local certo, na quantidade certa, quando é preciso, com ordem e limpeza. Desta forma eliminando todo o lixo se conseguem detectar facilmente os problemas, e o operador, ao limpar, conhece melhor a máquina, prevenindo avarias e aprendendo a reparar as mesmas. Tudo isto deve ser normalizado de forma a ser efectuado sempre de forma sistemática.

2.4.2 Os Pilares TPM

O nº de pilares e a seu conceito variam consoante o modelo. Em empresas com larga experiência na utilização do TPM é normal a sua “Casa TPM” possuir 8 pilares. A casa TPM – Modelo Bosch é constituída por 4 pilares, os quais passo a descrever de forma resumida (Kaizen, 2003):

- (i) Eliminação dos principais problemas – Analisar sistematicamente todas as falhas que surjam, detectar as causas e eliminá-las de forma permanente;
- (ii) Manutenção autónoma – Todas as tarefas rotineiras de manutenção deverão ser executadas autonomamente pelo operador, após formação. Deficiências nos equipamentos são prontamente detectados e resolvidos;

- (iii) Manutenção preventiva – Prolongamento da vida útil do equipamento através da calendarização e realização de medidas permanentes de manutenção, evitando a ocorrência de paragens não programadas dos equipamentos;
- (iv) Planeamento de novos equipamentos – A possibilidade de manutenção e as condições necessárias para uma fácil realização deverão já ser pensadas na fase de planeamento da aquisição.

Para que cada um dos pilares possa ser considerado completado, há que concluir 5 etapas por cada um dos pilares.

As etapas para cada um dos pilares são (Kaizen, 2003):

- (i) 1º Pilar: Eliminação dos principais problemas
 - (i.a.) Determinar perdas e principais problemas;
 - (i.b.) Análise das causas;
 - (i.c.) Definir e implementar acções correctivas;
 - (i.d.) Criar e normalizar standards;
 - (i.e.) Controlar sucesso e transferir os resultados positivos para outras secções.
- (ii) 2º Pilar: Manutenção autónoma
 - (ii.a.) Inspecção básica das máquinas e equipamentos;
 - (ii.b.) Normalizar actividades de manutenção, incluindo limpeza e inspecção;
 - (ii.c.) Fazer actividades de manutenção de forma independente e melhorar standard;
 - (ii.d.) Fazer reparações de forma independente e melhorar standard;
 - (ii.e.) Melhoria contínua de equipamentos e qualidade de processos.
- (iii) 3º Pilar: Manutenção planeada
 - (iii.a.) Elaborar, determinar e executar actividades de manutenção;
 - (iii.b.) Análise e eliminação dos pontos fracos do equipamento e processo, e eliminar as suas causas;
 - (iii.c.) Desenhar e consolidar um sistema de gestão de informação de manutenção, planeamento e controlo;
 - (iii.d.) Implementar sistemas de diagnóstico;
 - (iii.e.) Melhoria contínua do sistema de manutenção.
- (iv) 4º Pilar: Planeamento de novos equipamentos
 - (iv.a.) Considerar os conceitos para os equipamentos aquando do desenvolvimento de produto e processo;
 - (iv.b.) Criar conceito MAE (Máquinas e Equipamentos), incluindo especificações de manutenção acordadas com o fabricante;

(iv.c.) Projectar e construir novos equipamentos de acordo com especificações TPM;

(iv.d.) Instalação do equipamento e colocá-lo em funcionamento;

(iv.e.) Melhoria Contínua do processo de planeamento de novos equipamentos.

Quando um pilar está dado por completado, significa que o processo se encontra normalizado e que as acções são realizadas de forma sistemática, e não que o processo desse pilar deva ser interrompido/terminado. De facto, o TPM não é uma ferramenta rígida uma vez que continuamente está a introduzir melhorias, essencialmente no equipamento, de forma a aumentar a sua disponibilidade.

2.5 OEE – Overall Equipment Effectiveness

Todas as acções tomadas têm como objectivo aumentar a disponibilidade do equipamento, ou seja, torná-los mais eficientes. Para avaliar o grau de ajuste das medidas e acções implementadas, aquando do desenvolvimento do TPM, foi criada uma métrica, o OEE – Overall Equipment Effectiveness. Trata-se de um indicador global que revela a eficiência com que são utilizados os nossos recursos. Promove a identificação dos factores que influenciam negativamente a eficiência de uma unidade produtiva.

A fórmula de cálculo do OEE encontra-se descrita na equação 1.

$$\text{OEE (\%)} = \text{Disponibilidade} \times \text{Eficiência} \times \text{Qualidade} \quad (1)$$

A Bosch Termotecnologia, para facilitar o cálculo do OEE e a identificação de cada um dos factores que afectam o OEE, recorre a um pequeno esquema visual (figura 3).

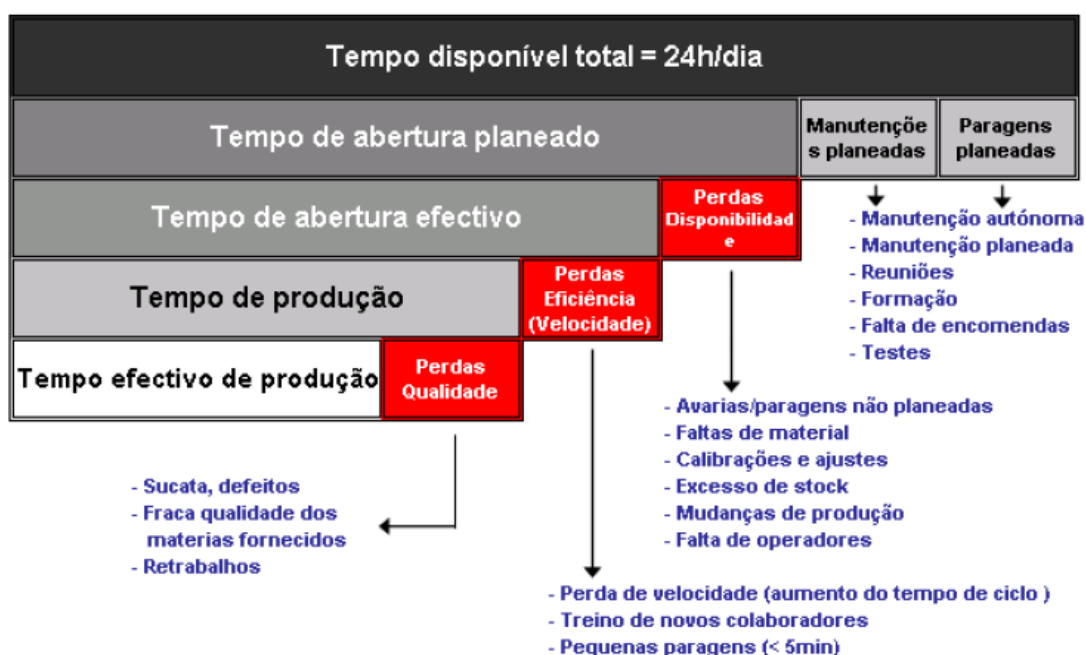


Figura 3 – Factores que influenciam o cálculo do OEE

Fonte: Intranet Bosch

A disponibilidade é obtida como a razão entre o tempo de abertura efectivo (ou seja o tempo que resta após serem retirados todas as parcelas respeitantes a paragens programadas e não programadas), e o tempo de abertura planeado, ou seja, o tempo que teoricamente estaria destinado apenas à produção (equação 2).

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de abertura efectivo}}{\text{Tempo de abertura planeado}} \quad (2)$$

A eficiência é dada pelo quociente entre o tempo realmente gasto na produção de peças e o tempo de abertura efectivo (equação 3). Para este factor têm grande relevância as pequenas paragens e o aumento de tempo de ciclo, o que faz com que gaste mais tempo a produzir do que o realmente necessário.

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Nº de peças produzidas} \times \text{tempo de ciclo}}{\text{Tempo de abertura efectivo}} \quad (3)$$

Contudo, nem todas as peças produzidas são consideradas como aptas a seguirem o seu percurso, e é necessário reparar ou compensar essas peças com a produção de peças substitutas, ou seja, estaremos a consumir tempo, que não seria necessário caso tivéssemos 100% de qualidade. A qualidade pode então ser obtida como a razão entre o nº de peças aceites e o nº de peças produzidas (equação 4).

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Nº peças aceites}}{\text{Nº peças produzidas}} \quad (4)$$

Basicamente, o OEE pode ser traduzido como a razão entre o tempo utilizado a produzir peças boas, sobre tempo que estava planeado para se produzir, ou seja, do todo tempo disponível e planeado, qual foi a parte que produziu valor. Todo restante tempo é apenas desperdício e deve se caminhar no sentido de o reduzir, ou mesmo eliminar.

Consegue-se também verificar que todas as acções planeadas, que por o serem, não têm qualquer influência no cálculo do OEE. Mais uma vez confirma-se que é melhor ter uma paragem planeada para realização de acções de inspecção, limpeza e manutenção, do que ter uma paragem não planeada por avaria, ou outras, que estas sim influenciam negativamente o OEE.

2.6 Quadro TPM

Imaginemos o seguinte cenário: implementou-se um projecto TPM numa secção. Os colaboradores foram envolvidos e são parte activa do programa. Todas as acções e análises definidas são realizadas sistematicamente. Foram implementadas actividades normalizadas de inspecção, limpeza e manutenção que implicaram alteração dos comportamentos dos colaboradores. Os resultados são positivos e têm vindo a melhorar gradualmente. Mas apesar disto tudo, não é comunicado nenhuma desta informação aos colaboradores da própria secção. Os colaboradores, não sabendo que o seu esforço tem resultados práticos, e não vendo esses mesmos resultados, a sua motivação irá diminuir assim como o seu empenho. Além disso, pelo facto de haver elementos (os pertencentes à equipa de implementação do projecto TPM)

que têm acesso a informação que eles não têm, irá gerar um sentimento de exclusão. Por outro lado, não saberão que problemas estão acontecer e que têm de corrigir. É por isso que é importante que toda a informação esteja disponível a todos, assim como todos os resultados e todas as medidas que têm vindo a ser tomadas. Desta forma estimula também o orgulho pessoal, pois se tiverem oportunidade de fazer a comparação com outras secções, sentir-se-ão motivados a continuar a melhorar, estimulando a competitividade entre colaboradores.

Por todas estas razões em cada secção onde o TPM está implementado existe desde o início da implementação do TPM um quadro com toda a informação associada (Fig.4).

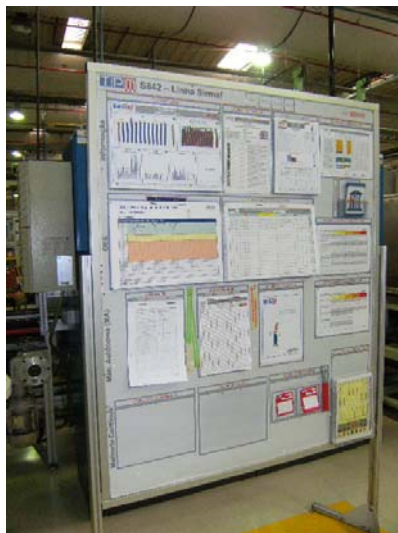


Figura 4 – Quadro de informação TPM

Fonte: fotografia retirada na secção

Cada quadro existente em cada secção contém os seguintes itens:

- (i) “Cockpit Chart”: revela a evolução do OEE ao longo de todo o ano, um gráfico com os principais factores de perda(eficiência, qualidade e disponibilidade), “*Mean Time Between Failures*” (MTBF) que corresponde ao tempo médio entre duas avarias sucessivas, “*Mean Time To Repair*” (MTTR) sendo o tempo médio de reparação das avarias num determinado período de tempo, e número de avarias.
- (ii) Equipa e Objectivos: membros da equipa TPM, assim como suas funções e responsabilidades.
- (iii) Top 3: análise das 3 paragens mais significativas ao longo do mês, descrição das acções correctivas implementadas e verificação da sua eficácia.
- (iv) Matriz de competências: classifica os operadores em função das suas capacidades para efectuar certas tarefas relacionadas com TPM.
- (v) OEE: Registos diários: evolução diária e por turno do OEE.
- (vi) Registo diário de problemas: Problemas ocorridos e acções correctivas a efectuar, bem como o estado da acção segundo ciclo PDCA (*Plan, Do, Check e Act*).
- (vii) Matriz de escalonamento OEE: sequência de responsabilização consoante o problema e seu prolongamento no tempo (o anexo A contém um exemplo da matriz de ecalonamento OEE).

- (viii) “Check-list”: Modelo a seguir para efectuar uma confirmação de processo, ou seja, que a manutenção é efectuada segundo o que foi estabelecido.
- (ix) Registo manutenção autónoma: registo da realização da manutenção autónoma e do tempo necessário para as realizar.
- (x) Matriz de escalonamento manutenção autónoma: sequência da responsabilização para problemas que surjam relacionados com a realização da manutenção autónoma (um exemplo desta matriz encontra-se representado no anexo B).
- (xi) Evolução de anomalias: representação gráfica da evolução de anomalias encontradas e das anomalias resolvidas, no âmbito do TPM (um exemplo deste gráfico encontra-se representado no anexo F).
- (xii) Etiquetas de melhoria: etiquetas vermelhas para colocar no equipamento junto da anomalia, com a respectiva descrição;
- (xiii) Plano de acções: plano de acções pendentes, levantadas pelos colaboradores com evolução do seu estado.
- (xiv) Circuito de manutenção autónoma: circuitos que o operador utiliza para efectuar as actividades de manutenção autónoma.

Todos estes documentos deverão se encontrar actualizados, cabendo a responsabilidade da sua actualização aos elementos pertencentes à Equipa TPM. A partir da informação existente neste quadro é possível obter informação sobre a equipa TPM (quem são, quais as responsabilidades), qual o ponto de situação da secção (OEE, nº de paragens, não conformidades detectadas, anomalias resolvidas) e documentos processuais, ou seja, como agir face a determinada situação (matrizes, checklists, planos de manutenção autónoma). Qualquer agente externo à secção poderá rápida e facilmente conhecer o nível de desenvolvimento do projecto TPM e os seus resultados.

2.7 One Point Lesson

Muitas tarefas de manutenção são algo complexas. Mesmo com a devida formação, algumas dúvidas ou incorrecções poderão surgir durante a realização de tais tarefas. Para facilitar e auxiliar as operações de manutenção autónoma foram criadas instruções visuais que explicam qual deve ser o procedimento a utilizar para realizar essa operação, evitando enganos e prolongamentos de tempo excessivos. Estas instruções visuais designam-se por “One Point Lesson” (OPL).

Uma OPL deve existir sempre que seja notada dificuldades em qualquer colaborador executar determinada tarefas, detectadas irregularidades (por exemplo peça mal montada frequentemente) ou avarias frequentes por existência/ausência de determinados comportamentos (levantamento de peso excessivo detectado em determinado local).

Uma OPL deve ser o mais visual possível, contendo a informação estritamente necessária (excesso de informação torna a instrução desinteressante e será ignorada). Deverá conter o local a que se refere (máquina ou local da secção) e instruções que permitam completar a tarefa. A figura 5 é um exemplo de uma “One Point Lesson” criada no decorrer deste projecto.

TPM – One Point Lesson

Substituição do filtro do ventilador

•Saída Forno 5 (Secção Velha)



Moinho parou de rodar → Mudar filtro



Termotecnologia
11.2008 | TTPO/MOE2



Figura 5 – One Point Lesson criada para a secção

O equipamento ao qual esta OPL se refere é um ventilador localizado na saída do forno, que efectua o arrefecimento das peças. O ventilador possui um filtro para remover as partículas suspensas no ar para que não danifiquem o mecanismo de ventilação. Quando o filtro se encontra repleto de partículas, impede a passagem do ar e consequente arrefecimento das peças. Devido ao facto do filtro se encontrar a 2,5 m de altura, era necessário utilizar um sistema de elevação para verificar a necessidade de mudança do filtro. Este procedimento, além de moroso, desmotivava a sua realização frequente.

Desta forma, no decorrer de este projecto foi necessário criar um mecanismo de detecção visual do estado do filtro (moinho de papel). Para que todos colaboradores ficassem a conhecer a utilidade do mecanismo, mas sobretudo, que cumprissem o seu propósito, foi desenvolvida esta instrução visual para que assim, todos soubessem qual a acção a realizar e o momento exacto.

2.8 Implementação do TPM na secção.

Na secção, o TPM encontrava-se já em fase de implementação, estando o 1º pilar completamente implementado e o 2º Pilar seguia na 3ª etapa.

2.8.1 1º Pilar: Eliminação dos principais problemas

Após se decidir implementar o TPM é necessário definir a equipa que irá ser responsável pela sua implementação, acompanhamento e análise de todo processo.

Para que o TPM seja implementado de forma correcta é necessário que a equipa contenha:

- (i) Um “Team Leader”, alguém da produção, que conheça por completo o processo produtivo, com capacidade de gestão e vocação para a liderança. Normalmente, na fase inicial é escolhido o Responsável de Secção, havendo a tendência para haver passagem desse lugar a um dos chefes de equipa que operam a linha/secção;
- (ii) Um mecânico e um electricista, para poderem detectar e corrigir todas as anomalias existentes, e poderem dar formação aos operadores para estes poderem detectar situações anormais e realizarem tarefas de manutenção;
- (iii) Um responsável de processo, com capacidade de decisão, e que possa validar as acções e alterações do processo e do trabalho normalizado, que possam a vir ser necessárias no decorrer do TPM. É fundamental que tudo o que seja decidido pela equipa seja acompanhado pela gestão para que possa ser implementado, em tempo útil, de modo a que o processo não abrande.

Todos os colaboradores são envolvidos em todo o processo. A equipa TPM é responsável pelo acompanhamento pela liderança e coordenação do processo. Institui as guias, os objectivos e verifica o seu acompanhamento. No entanto, todos os passos e todas as acções são realizados por todos os colaboradores. Toda a informação é disponibilizada para que todos saibam o estado. O TPM é um projecto de e com todos os colaboradores da secção.

Na secção, nesta linha, após a definição da equipa responsável pelo TPM, procedeu-se à detecção dos principais problemas e causas, abrindo-se acções para resolução dos mesmos e verifica-se o estado e eficácia de acções realizadas anteriormente. A evolução do OEE é seguido, pois só desta maneira se podem verificar o cumprimento dos objectivos e a eficácia das acções e da metodologia seguida.

Todos os dados são seguidos e registados continuamente, sendo a sua análise e todas as acções referidas atrás, realizadas numa reunião de toda a equipa TPM efectuada semanalmente.

Nesta reunião semanal eram abordados os seguintes temas:

- (i) OEE:
 - (i.a.) Abrir registo de acções e verificar estado das acções em aberto;
 - (i.b.) Análise das principais perdas de OEE e suas causas – análise de Pareto;
 - (i.c.) Análise das perdas – 5 Porquês;

- (i.d.) Definição de acções correctivas.
- (ii) Melhoria Contínua:
 - (ii.a.) Analisar gráfico de evolução de anomalias;
 - (ii.b.) Verificar estado das acções em aberto.
- (iii) Manutenção autónoma:
 - (iii.a.) Análise dos planos de manutenção autónoma e dos tempos dos registos de manutenção autónoma;
 - (iii.b.) Definir acções.
- (iv) Informação:
 - (iv.a.) Actualizar matriz de competências;
 - (iv.b.) Actualizar informação do quadro TPM.

Nestas reuniões são avaliados o comportamento da equipa TPM e a posição dos resultados obtidos face aos objectivos estabelecidos para corrigir defeitos e tomar novas medidas, identificando quais as acções que requeriam maior atenção.

Para estratificar as diversas perdas com base na sua importância, efectua-se a análise de Pareto (identificação dos factores responsáveis pela maior parte do valor global, geralmente 80% do valor total). Assim é estabelecida uma hierarquia dos factores de perda de eficiência, consoante a gravidade, para que as devidas acções correctivas pudessem ter lugar. Após a definição e estabelecimento de acções correctivas é possível verificar a sua eficácia através da verificação da sua ocorrência, ou não, nas semanas seguintes.

Para cada é aberto um processo para cada uma delas, onde é estabelecido, qual o problema, qual a sua causa e resolução. É também atribuído um responsável (pode ser um membro da equipa TPM, o operador da máquina em questão, ou então, uma intervenção do Dep. de Manutenção.). A seguir estabelece-se um prazo para a sua conclusão e um gráfico PDCA, que é completado à medida que vão sendo atingidas as várias etapas.

Este é também o local para serem estudadas novas soluções para melhorar o processo e diminuir as principais perdas, e decidir-se quanto à realização de estudos para a implementação de novas soluções, que possam diminuir o desperdício.

Para problemas mais complexos, e de difícil identificação das causas, existe um procedimento normalizado, que conjuga a utilização de várias ferramentas e leva à identificação das potenciais causas e possíveis soluções, designada de Folha de Resolução de Problemas (FRP). Trata-se de um documento normalizado, criado pela Bosch que utiliza algumas ferramentas de melhoria contínua e que são utilizadas sequencialmente como forma de detectar a causa que está na origem de determinado problema, e a normalizar os respectivos procedimentos que reparam a avaria e previnem a sua ocorrência. Durante a realização do projecto, surgiu um problema que originou uma paragem da linha durante parte considerável do turno. A demora da sua resolução deveu-se à difícil identificação das causas da avaria, tendo-se por essa razão recorrido à Folha de Resolução de Problemas. A FRP sugere que se comece pela análise dos dados obtidos acerca do problema: sua ocorrência, descrição, localização, modo e ocasião. De

seguida devem ser descritas as medidas de contenção tomadas, ou seja, as medidas tomadas que impedem a continuação do problema no imediato.

O próximo passo diz respeito à identificação das causas de raiz. Para isso é utilizado o Diagrama de Ishikawa ou Diagrama Causa – Efeito. O diagrama de Ishikawa é um método gráfico que permite identificar e organizar as causas de um determinado problema. Pode ser utilizado por uma pessoa apenas, ou em grupo recorrendo ao *brainstorming*. O primeiro passo passa por uma listagem de todos os factores que possam estar relacionados directamente com o problema. De seguida, para cada causa principal efectua-se uma listagem de todos os factores que possam influenciar a ocorrência dessa causa principal. Se necessário, as causas secundárias poderão ser novamente subdivididas em causas terciárias. Depois destas listagens, agrupam-se todas estas causas por afinidade, conforme se pode observar na Figura 6 (Cabral, 2007).

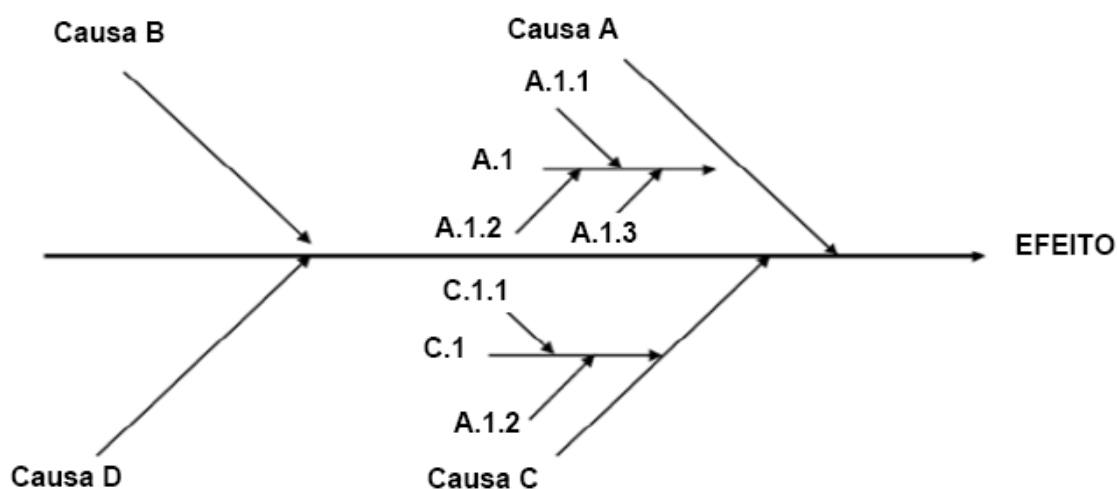


Figura 6 – Diagrama de Ishikawa

Fonte: (Cabral, 2007)

Depois de todas as possíveis causas terem sido organizadas procede-se à sua hierarquização, ou seja, identificam-se as causas que eventualmente terão maior influência no efeito detectado. Depois de escolhidos os factores com maior influência do efeito observado, é efectuada a análise dos “5 Porquês”. Basicamente, efectuar a análise dos “5 porquês” é perguntar para cada causa consecutivamente até 5 vezes porque é que ela acontece. Isto permite encontrar a razão base para esse modo de falha acontecer.

Depois de encontradas as causas de raiz para o problema detectado, são implementadas acções correctivas que visam impedir o reaparecimento do mesmo problema e analisada a eficácia das acções tomadas. Quando o problema estiver resolvido, e se o mesmo não voltar a ocorrer, deve-se normalizar os procedimentos correctivos, ou seja, definição da sua realização quanto ao modo e frequência, de maneira a que o problema verificado não volte a ocorrer tanto no equipamento onde esse problema tiver ocorrido, como em equipamentos similares.

Na figura 7 encontra-se a parte da Folha de Resolução de Problemas respeitante ao Diagrama de Ishikawa e análise “5 Porquês”, que foi criada durante a realização do projecto. A totalidade da Folha de Resolução de Problemas encontra-se reproduzida no anexo D.

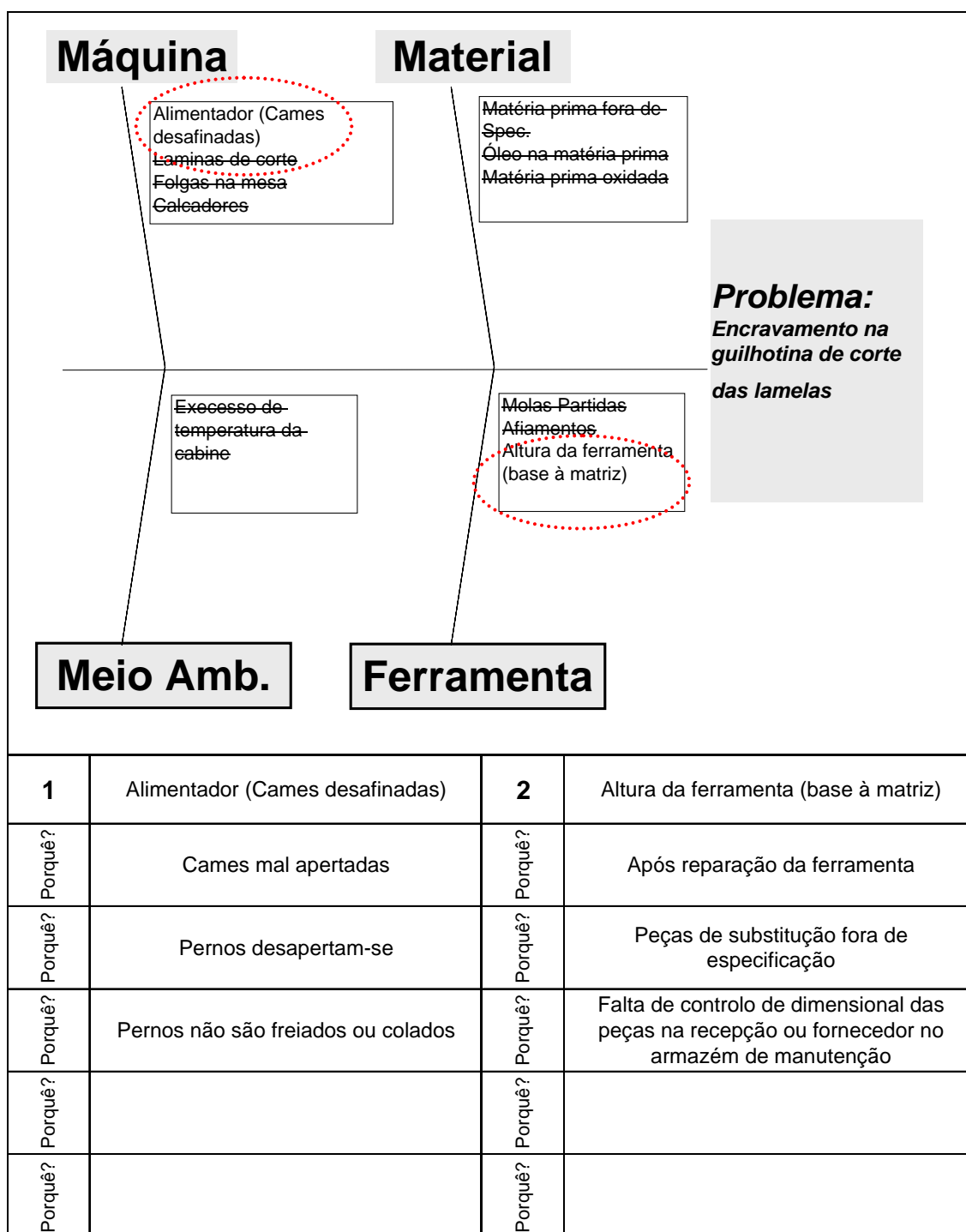


Figura 7 – Diagrama de Ishikawa e análise “5 Porquês” efectuados para resolução do problema Encravamento de Guilhotina ocorrido durante o projecto

Estas ferramentas foram realizadas em equipa, com responsáveis de engenharia e de produção para detecção das verdadeiras causas. Depois do Diagrama Causa-Efeito chegou-se à conclusão que os principais factores de causa seriam “Cames desafinadas” e “altura de ferramenta”. Após a análise “5 Porquês” eram detectadas as causas de raiz do problema. Deste modo, decidiu-se frear os pernos das cames e efectuar controlo dimensional das peças de substituição das ferramentas da prensa. Após a realização destas acções, o problema detectado não voltou a ocorrer tendo-se normalizado os procedimentos definidos e adoptados para os equipamentos similares.

2.8.2 Planos de Manutenção Autónoma

Após o 1º Pilar se encontrar completado, é necessário avançar para o pilar seguinte.

O que se pretende é que todas as tarefas de manutenção rotineira assim como todas as tarefas de limpeza e inspecção sejam realizadas pelo operador. Não se pretende que o operador seja um perito em manutenção, mas antes que, com a devida formação, seja capaz de realizar tarefas de manutenção simples como por exemplo tarefas de lubrificação ou substituição de filtros. Todas actividades de inspecção devem ser da responsabilidade do operador, pois ninguém conhece melhor a máquina do que ele, e com estas tarefas de inspecção pode detectar pequenas irregularidades que possam estar da origem de avarias graves. Um ruído inesperado, um aumento de temperatura, ou sujidade excessiva podem ser um indício de problemas que poderão estar na origem de uma avaria grave.

Para a realização das tarefas de manutenção, foi criado um documento (designado de Plano de Manutenção Autónoma) que descreve todas as tarefas a realizar, assim como o material necessário e o local a realizar. Tudo isto vem acompanhado de fotografias dos locais onde as operações irão ser realizadas, para fácil identificação pelo operador. Cada tarefa encontra-se também sinalizada no local do equipamento com o símbolo e a numeração da respectiva tarefa.

Foi também predefinido uma simbologia quanto ao tipo da tarefa a realizar e á sua periodicidade, e, devido à vasta gama de lubrificantes utilizados, foi criado um código de cores, atribuindo-se uma cor para cada lubrificante. Tudo isto contribui para que se tenha um documento visual e que rapidamente o colaborador identifique o que tem de fazer, onde, quando, assim como o material necessário.

Antes da introdução de TPM já existiam uns documentos que descreviam algumas tarefas que deveriam ser desempenhadas (principalmente lubrificações) – eram as chamadas M1's ou Manutenções de 1º Nível. No entanto, devido quer à sua difícil compreensão, quer aos seus erros estruturais (não existência de procedimento normalizado, falta de definição objectiva da altura a realizar a tarefa, não identificação do responsável, nada visual) não era seguida. Geralmente as únicas tarefas realizadas eram algumas tarefas de verificação (principalmente pressões de manómetros) e lubrificação, efectuadas pelo chefe de turno, e apenas nalguns componentes, aqueles onde geralmente ocorriam mais problemas. As restantes operações só eram efectuadas quando necessárias: quando a máquina parava, ou a caixa da sucata se encontrava completamente cheia, o que implicava paragens em pleno processo produtivo, com todas as consequências que isso acarreta. O anexo C contém um exemplo de uma M1 utilizada antes da implementação do projecto TPM.

2.8.2.1 Simbologia

Para a facilitação da compreensão das tarefas a realizar, foi necessário criar uma simbologia, que fosse de fácil identificação visual, e fosse utilizada universalmente, em toda a fábrica.

A simbologia utilizada pela Bosch Termotecnologia é apresentada na figura 8.

LEGENDA DA SIMBOLOGIA UTILIZADA EM TPM

SIMBOLOGIA DA FREQUÊNCIA DA MANUTENÇÃO:

TURNO

DIÁRIO

SEMANAL

QUINZENAL

MENSAL

SIMBOLOGIA DA ACÇÃO DE MANUTENÇÃO:

LIMPEZA

INSPECÇÃO VISUAL

LUBRIFICAÇÃO

SUBSTITUIÇÃO

SIMBOLOGIA, ATRAVÉS DE CORES, DO LUBRIFICANTE A USAR:

	Verm.	Verde	Azul
Massa Renolit EP2	0	0	0
Óleo Stabylan 5001	102	0	51
Massa Kluber 72 - 422	255	50	170

Figura 8 – Simbologia utilizada na Bosch Termotecnologia

Fonte: imagem retirada do Caderno TPM

Cada tarefa de manutenção é representada pela conjunção de 3 símbolos:

- (i) Um respeitante à periodicidade de realização da tarefa;
- (ii) Um respeitante ao tipo de acção/acções envolvida(s);
- (iii) Uma cor de fundo consoante o lubrificante a utilizar (ou cor branca caso não se trate de uma operação de lubrificação);

Estes símbolos são colocados na máquina/equipamento à qual a tarefa se refere, de modo que o operador possa detectar facilmente o local onde deve intervir, como se pode observar na figura 9.



Figura 9 – Equipamento com o respectivo símbolo de tarefa de manutenção autónoma

2.8.2.2 Antes da definição dos Planos de Manutenção Autónoma

Para a implementação dos Planos de manutenção autónoma, é necessário, antes de mais, verificar a existência dos esquemas dos circuitos eléctrico, hidráulico e pneumático no quadro eléctrico do equipamento. Estes servem, para que em caso de intervenção por parte da manutenção, esta informação esteja disponibilizada para uma correcta intervenção, o mais rápido possível, para que qualquer membro da manutenção possa intervir sem ter de conhecer o equipamento ao pormenor.

De seguida restabelece-se as condições iniciais do equipamento. Este procedimento não é mais do que proceder à identificação de todos os componentes importantes, tais como manómetros, válvulas, etc., que permite perceber o funcionamento da máquina rapidamente, para possível identificação de um problema ou então durante uma afinação/ajustamento de parâmetros (figura 10). Repõe-se também toda a sinalética relativamente à segurança. Toda esta informação é obrigatória aquando a aquisição de um equipamento novo, mas com a sua utilização e as diferentes adaptações, estes componentes vão desaparecendo, sendo necessário repô-los.



Figura 10 – Manómetros sinalizados com a pressão de funcionamento (a verde)

Antes que se possa avançar ao próximo passo, é necessário garantir o cumprimento dos 5's no equipamento, garantir que tudo se encontra no devido local, identificado, sem componentes supérfluos, e que todo equipamento se encontra limpo e arrumado, não só por fora mas no seu todo. Sempre que possível foram implementadas acções que previnam a acumulação de sujidade ou que facilitam a sua remoção.

2.8.2.3 A recolha de informação

O próximo passo diz respeito aos planos de manutenção autónoma propriamente ditos.

No decorrer do projecto de acompanhamento e maturação do TPM, para criar planos de manutenção autónoma foi necessário proceder previamente a uma recolha de informação sobre os equipamentos em questão. Os dados recolhidos englobavam a sua documentação e o seu histórico. Esta recolha de informação permitiu ter uma noção das particularidades e prováveis problemas do equipamento antes da sua análise no local de trabalho

Na documentação de cada equipamento pode-se recolher informação sobre as tarefas de manutenção que o fornecedor exige que sejam realizados, bem como os materiais a utilizar e a sua periodicidade. Já o seu histórico pode revelar problemas frequentes, que podem surgir devido à não realização de tarefas de manutenção. Na realidade, a maior parte dos pedidos de

intervenção realizados ao Dep. de Manutenção, eram até à implementação do TPM, tarefas que os operadores poderiam efectuar, ou, a maior parte, resultantes da não realização das tarefas de limpeza, lubrificação e inspecção previstas.

Após a recolha de informação, efectuou-se a análise do equipamento no local de trabalho, sítio onde se recolhem as informações mais relevantes: a experiência profissional de quem lida com o equipamento todos os dias há vários anos. De facto ninguém conhece melhor a máquina que o seu operador. Na verdade, várias vezes, após serem questionados sobre as tarefas de manutenção, eram obtidas informações que mais ninguém sabia como “Eu de vez em quando deito um pouco deste óleo senão ela pára”. A probabilidade de um equipamento necessitar de tarefas que não estavam previstas inicialmente é tanto maior quanto a sua antiguidade. Por vezes estas surgem devido ao mau estado de algum componente que não faz a sua tarefa. Mas outras vezes é necessária a realização de uma tarefa não prevista devido ao processo. Devido a se utilizar componentes que tinham de ser lavados, frequentemente estes continham água, o que oxidava as zonas das máquinas que interagiam com a peça, sendo necessária a sua lubrificação com um elemento antioxidante. Noutras ocasiões houve necessidade de planear verificações que eram necessárias efectuar antes de iniciar a produção, com uma periodicidade superior ao normal, devido ao excessivo desgaste, algo que só quem lida com o equipamento todos os dias o saberá.

Para dar como terminada esta recolha de informação é necessário falar com um responsável da manutenção que conheça bem a máquina, para saber que tarefas podem ser atribuídas ao operador.

Além desta recolha de informação, deve-se proceder ao levantamento de todos os problemas para a realização dos planos de manutenção autónoma. Estas tarefas querem-se rápidas e fáceis, e como tal há que facilitar a sua execução.

Após a recolha de informação pode-se avançar para a criação dos circuitos de manutenção.

2.8.2.4 Circuitos de Manutenção Autónoma

Os circuitos de manutenção autónoma, são um documento onde estão descritas todas as tarefas de manutenção a realizar. Um bom circuito de manutenção autónoma é aquele que permite que qualquer pessoa, que possua formação para realizar as tarefas envolvidas, o realize fácil e rapidamente, mesmo que nunca tenha estado em contacto com o equipamento. Podem ser realizados circuitos para uma linha ou para uma máquina apenas. Se um equipamento é operado apenas um operador, então deverá ser criado um circuito só para esse equipamento. Caso se trate de um conjunto de equipamentos, que são operados por vários trabalhadores, o caso das linhas, então um mesmo circuitos englobará vários equipamentos. O circuito deverá ter uma sequência que permita ao operador realizar as tarefas minimizando as deslocações, ou seja, evitando que ele ande constantemente para trás e para a frente. É por isto que se chamam circuitos, visto muitas vezes descreverem um círculo. Existe um circuito para cada periodicidade e os circuitos de manutenção autónoma encontram-se junto do equipamento a que dizem respeito.

Cada circuito apresenta:

- (i) Indicação da periodicidade, do equipamento a que se refere, o responsável pela sua realização e tempo necessário para a realização das tarefas;
- (ii) Layout com a sequência das operações;
- (iii) Listagem das tarefas a realizar, numeradas;

- (iv) Indicação da máquina e do local da tarefa;
- (v) Breve descrição da tarefa a realizar;
- (vi) Meios necessários para a realização da tarefa;
- (vii) Indicação do tempo em que a operação deve ser executada;
- (viii) Estado do equipamento durante a manutenção (parada ou em funcionamento);
- (ix) Ocasão do dia em que deverá ser executada a tarefa;
- (x) Foto em pormenor do local da tarefa, ou dos componentes a intervir;
- (xi) Símbolo que se encontrará no local da máquina.

Na figura 11 encontra-se um exemplo de um plano de manutenção autónoma, utilizado noutra secção aquando do início do estágio.

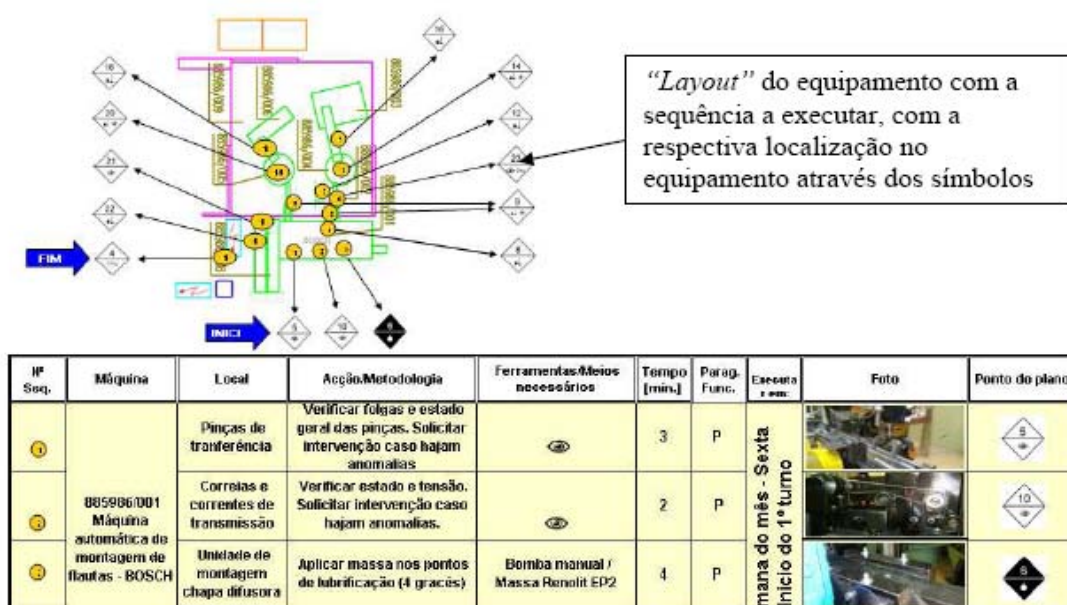


Figura 11 – Plano de Manutenção autónoma utilizado noutra secção

Após a criação destes circuitos começaram a surgir algumas questões. A primeira respeitante à duração das tarefas e responsabilidade das tarefas.

Devido à dimensão das linhas existentes, se existisse apenas um circuito para cada linha este seria bastante extenso, o que levaria muito tempo a ser realizado. Por outro lado, em algumas secções da Bosch Termotecnologia, era habitual que a sua realização estivesse a cargo do chefe de equipa ou de turno. O que acontecia era que durante a realização dos circuitos, devido à sua extensão, era normal que surgisse algum problema que necessitasse de intervenção do chefe de equipa/turno (indisponibilidade de algum equipamento, problemas qualidade, por exemplo) e este tinha de interromper o circuito de manutenção autónoma. Estes seriam retomados mais tarde, e não raras vezes era perdido o ponto de situação, ficando tarefas por realizar. Por outro lado, um das bases do TPM é o trabalho em equipa, e as actividades de manutenção devem ser realizadas por todos, e não apenas por um elemento.

Foi necessário portanto dividir a linha em várias zonas e distribuí-las pelos operadores, por áreas de influência. Assim cada operador tinha um circuito a realizar, e nenhum ficava sem tarefas a realizar. No caso em estudo, todos os operadores se encontravam a trabalhar de um

dos lados da linha. O chefe de equipa ficou responsável pela área respeitante ao lado oposto da linha.

Outra grande questão que surgiu foi a utilização do Layout. Sendo de facto útil para identificação da sequência das tarefas, no entanto, e em caso de aparelhos muito simples, não acrescentava nada em termos de informação, em caso de equipamentos muito complexos, a sua leitura não era fácil, principalmente para operadores com menor formação. Tarefas que na representação em Layout se sobrepusessem poderiam ser de difícil identificação do local, mesmo com a ajuda dos símbolos. Bastava que uma das operações se encontrasse atrás da outra (ou acima) para que algum tempo fosse dispendido só para encontrar o local da operação.

Foi aí que surgiu a ideia de, a par do Layout gráfico, introduzir uma, ou mais fotografias gerais dos equipamentos, onde cada símbolo apontaria para ao local exacto da máquina onde se iria intervir. Deste foi possível ver uma grande melhoria na reacção das pessoas. Bastava-lhes comparar a fotografia com o equipamento que tinham à sua frente para rapidamente localizar o local de intervenção. Um exemplo de um Circuito de manutenção Autónoma com esta alteração introduzida encontra-se na figura 12.

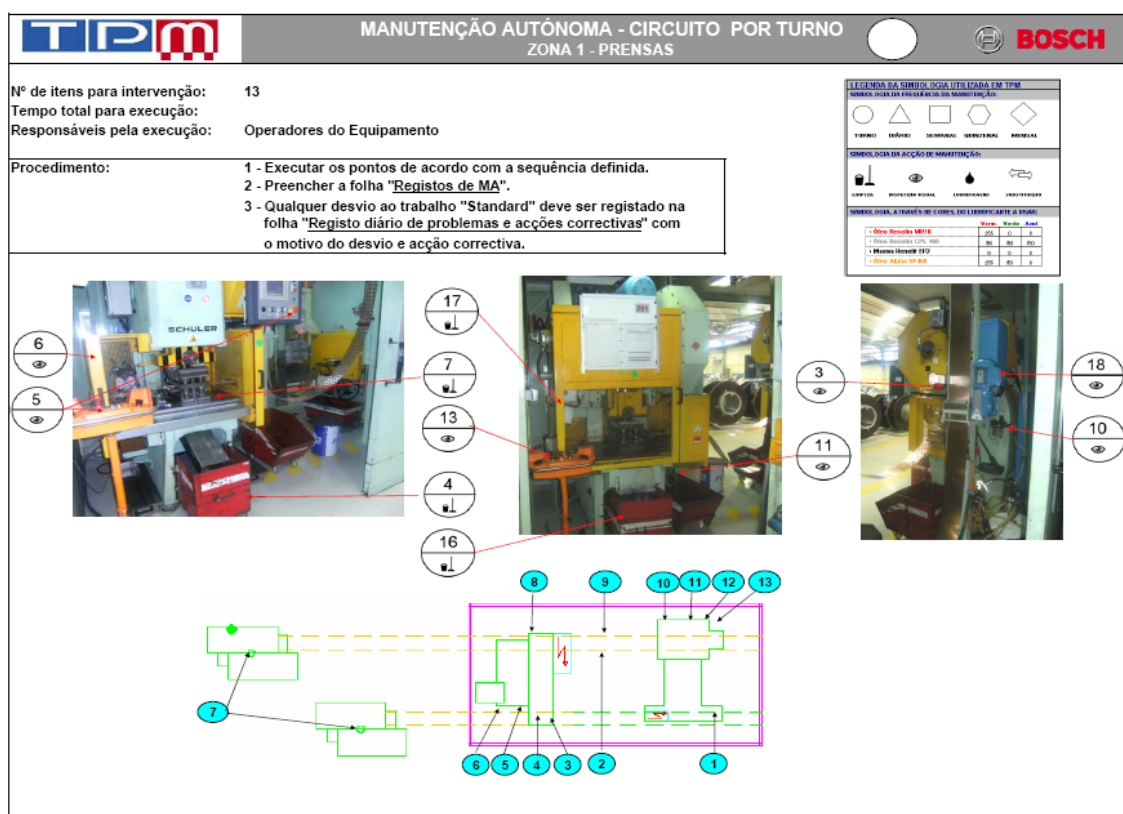


Figura 12 – Versão final Plano de Manutenção Autónoma utilizado actualmente na secção, criado durante o projecto

No anexo H pode-se observar um Plano de Manutenção Autónoma completo de uma das zonas criado durante este projecto. Optou-se por colocar apenas o plano de uma das zonas por se considerar que a inclusão da totalidade dos planos não implicaria valor adicional uma vez da filosofia e formato serem exactamente os mesmos, mudando apenas os equipamentos e tarefas de manutenção envolvidas.

Após terem sido efectuadas as alterações referidas anteriormente (divisão da linha e introdução de fotografias genéricas) e antes que os circuitos fossem implementados, houve necessidade

de confirmar a possibilidade de estas alterações serem introduzidas, pois o circuitos devem seguir um modelo standard em toda a Bosch Temotecnologia. Após terem sido identificadas as melhorias que estas alterações introduzidas, foi estabelecido, que a identificação da sequência do circuito poderia ser realizado pela representação gráfica (Layout), através de fotografia, ou por ambos, conforme fosse mais benéfico, uma vez que apenas se alterava o meio de visualização, e não a estrutura dos circuitos.

Quando os circuitos se encontrarem perfeitamente definidos, todos os meios e ferramentas necessários para a realização dos circuitos de M.A. deverão estar assegurados no local ou perto dele, para minimizar desperdícios.

2.8.2.5 Realização dos circuitos de manutenção autónoma

Antes de se implementar um circuito, deve se ter a certeza de que ele está completo e correcto, e deverá ser realizado por quem o criou. Só desta maneira se poderá ter noção das dificuldades que os operadores possam vir a ter, e como tal deverão ser corrigidas. O tempo necessário para a realização das tarefas de manutenção também deverá ser alvo da análise. Demasiado tempo é inconciliável com o cumprimento das necessidades produtivas, e levará a que não seja realizado devidamente pelos operadores.

Após os circuitos terem sido validados por toda a equipa TPM, estes estão aptos para serem implementados. Para tal procedeu-se à formação dos operadores, que foi realizada no local do circuito. Os circuitos foram explicados aos operadores até que todas as dúvidas terem sido dissipadas. Operações que necessitam de conhecimentos de mecânica ou electricidade forma explicadas e executadas pelos responsáveis técnicos da equipa TPM, como exemplo a verificação de sensores, ou tarefas de lubrificação e substituição de componentes.

Toda a formação teórica foi seguida de uma formação prática. Após explicação detalhada de cada tarefa, foi realizado um circuito por um membro da equipa TPM. Em seguida, cada colaborador executou um circuito.

Os circuitos são então realizados de forma sistemática e autónoma. A realização dos circuitos é registada e acompanhado o cumprimento da sua realização. Qualquer atraso na realização dos circuitos é registado e a sua causa identificada para se proceder à sua correcção. Muitas vezes surgem dificuldades que só são detectadas com o uso do equipamento. Certos modelos de câmaras de combustão exigem ferramentas que possuem diferenças relativamente a outros modelos. Poderão variar em tamanho, dificultando/impossibilitando certas operações. Outras vezes são ferramentas das tarefas de manutenção que não se encontram no seu devido local, obrigando que o operador se desloque a outra secção para as encontrar, ou então portas e janelas que não funcionam devidamente, ou se encontram fixas. Acontece também por vezes não serem introduzidas operações que sendo necessárias, não foram identificadas aquando a criação dos circuitos, e só são detectadas posteriormente com o trabalho diário. A alteração dos equipamentos, pode significar a necessidade de introduzir ou eliminar tarefas. É por isto que os circuitos de manutenção autónoma não são imutáveis. São constantemente actualizados e melhorados, daí a necessidade de periodicamente serem acompanhados e actualizados, nomeadamente nas reuniões semanais da equipa TPM.

A implementação de um projecto TPM implica o envolvimento de todos os colaboradores e uma diversificação das tarefas desempenhadas pelos operadores. No âmbito do TPM, os trabalhadores além das tarefas produtivas que normalmente desempenham, têm de desempenhar tarefas de manutenção, limpeza e verificação, com um aumento da atenção que é dedicada a cada equipamento. A execução destas tarefas extra-produção implica adquirir e desenvolver novas capacidades (nomeadamente acções de manutenção) o que pressupõe um

volume de trabalho adicional. Todas as reuniões de acompanhamento do TPM realizadas semanalmente, têm lugar em horário pós laboral. Por todas estas razões poderia ser espectável a existência de alguma resistência por parte dos colaboradores à implementação de um projecto desta natureza. No entanto verificou-se um grande entusiasmo da parte dos operadores na aprendizagem e realização das tarefas de manutenção, demonstrando grande interesse em todo o processo e em sugerir alterações e melhorias. Sempre que surgia alguma dificuldade, esta era devidamente registada, mas tentavam resolver a situação sempre que possível. Quando verificavam que as dificuldades por eles detectadas eram corrigidas sentiam que eram atendidos e a sua motivação aumentava. Outra diferença detectada foi no relacionamento com a manutenção. Passaram a compreender melhor o trabalho do departamento de manutenção, e muitas pequenas intervenções que normalmente seriam imediatamente atribuídas ao Dep. de manutenção passaram a ser resolvidas por eles mesmos.

Do acompanhamento diário do estado dos equipamentos por parte dos operadores, são detectadas inconformidades comunicadas imediatamente para o Dep. de Manutenção para que sejam reparadas antes de causarem uma avaria grave. Quando surge demora na realização destas reparações, os colaboradores querem saber a razão pela qual cada inconformidade não foi ainda reparada, e quando o será. Devido à implementação do TPM, há uma maior troca de informação entre os departamentos de Produção e Manutenção estando esta informação acessível.

Em secções onde o projecto TPM não foi ainda implementado, a informação relativamente a pedidos de manutenção não se encontra acessível. Desta forma os colaboradores não sabem qual o estado dos pedidos de manutenção que foram feitos. O interesse e entusiasmo dos colaboradores diminuem à medida que o tempo de espera para que determinada avaria seja reparada aumenta. Esta situação desmotiva as pessoas a inspeccionar os equipamentos e a detectar anomalias precocemente. Eventualmente, outras inconformidades não serão detectadas e declaradas, podendo dar origem a avarias graves. Qualquer problema que surja terá como resposta por parte dos operadores “não é da minha responsabilidade” e desta forma o chefe de equipa passará a ser o “bombeiro da secção”, ocupando a maior parte do seu tempo a apagar os diversos “fogos” que irão surgindo.

2.9 Resultados e sua discussão

O TPM é uma filosofia que visa sobretudo aumentar a disponibilidade dos equipamentos. Para analisar a evolução dos resultados da adopção do TPM, uns dos factores que traduzirá melhor os efeitos do TPM será portanto o indicador disponibilidade (uma das parcelas do OEE). O gráfico 1 é uma simplificação do gráfico de factores de perdas do “Cockpit Chart” e apresenta a evolução temporal dos 3 indicadores constituintes do OEE. A versão completa do “Cockpit Chart” pode ser visualizada no Anexo G.

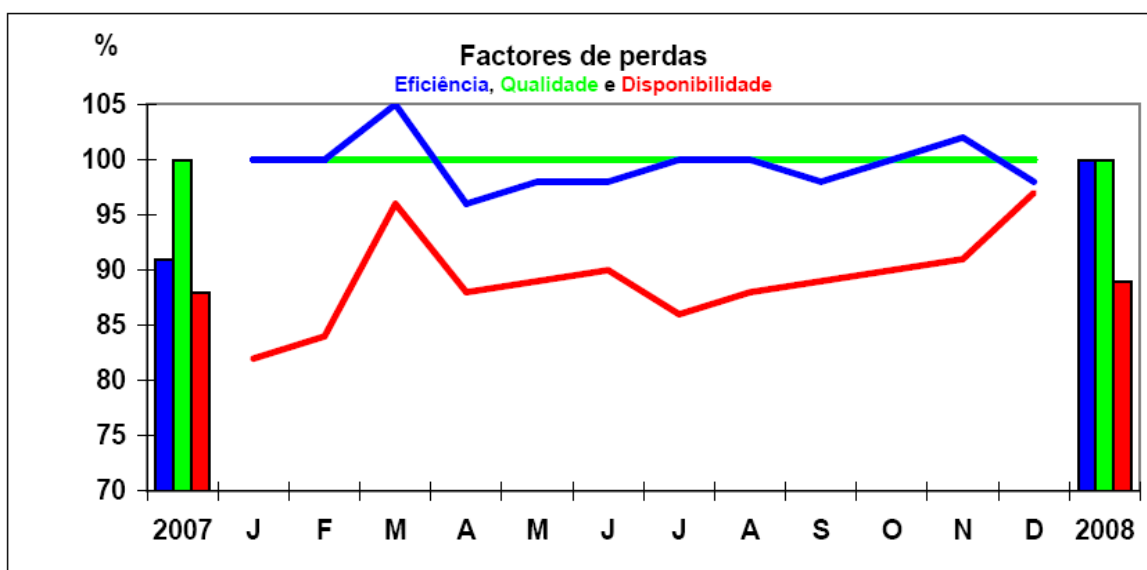


Gráfico 1 – Evolução temporal dos factores de perdas

Da análise do gráfico 1 constata-se que, no que concerne ao factor disponibilidade, a tendência é de subida, em particular a partir do mês de Setembro. O último mês em análise foi o mês em que se registou maior valor de disponibilidade.

Para esta evolução positiva contribui todo o acompanhamento que a equipa TPM vem dedicando a esta secção, bem como todas as acções tomadas e as medidas de manutenção implementadas. O acompanhamento dos factores de perda e sua resolução tem conduzido a altas taxas de disponibilidade dos equipamentos, permitindo ter altas cadências.

Comparando os 3 indicadores, verifica-se que o factor disponibilidade é o que apresenta valores mais baixos, o que é revelador de que ainda há espaço para melhoria. É necessário portanto, concentrar esforços no aumento da disponibilidade dos equipamentos.

Actualmente o factor de perda mais significativo é o factor “mudança de modelo”. Quando há necessidade de mudar o modelo de CC a produzir é necessário mudar as ferramentas de algumas das máquinas. Diminuir o tempo de mudança de modelo terá um grande impacto no aumento de disponibilidade. A evolução mensal dos factores de perda referentes aos meses de Setembro a Dezembro pode ser visualizadas no Anexo E.

Desta forma estão planeadas algumas acções que levarão à diminuição do tempo de mudança de modelo. Está também a ser estudado o desenvolvimento de um carro de apoio para a mudança de ferramenta da máquina que actualmente mais tempo consome.

No entanto, apesar do valor das mudanças de modelo, o tempo dispendido em cada mudança de ferramenta é de apenas 2 minutos, o que resulta numa média de 10 minutos dispendidos por dia em mudanças de ferramenta. Contudo, devido ao elevado número de mudanças a efectuar durante um turno, o valor global acaba por ser considerável.

Da análise do MTFB (*Mean Time Between Failures*), outro indicador pertencente ao “*Cockpit Chart*” podemos observar uma evolução favorável dos resultados presente no gráfico 2.

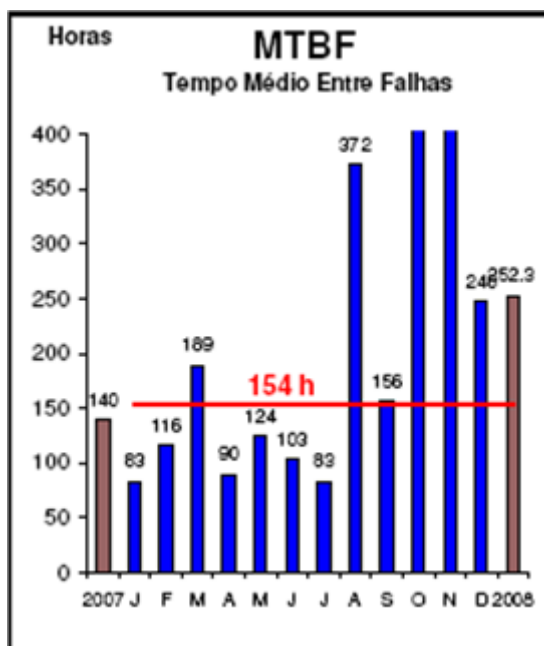


Gráfico 2 – MTBF – Tempo médio entre avarias

Nos últimos meses verifica-se um aumento do MTBF para valores muito superiores aos valores iniciais. Isto significa que, para o mesmo horizonte temporal (um mês) o nº de avarias diminui, tendo como consequência o aumento do tempo médio entre avarias. A diminuição do nº de avarias está presente no gráfico 3.

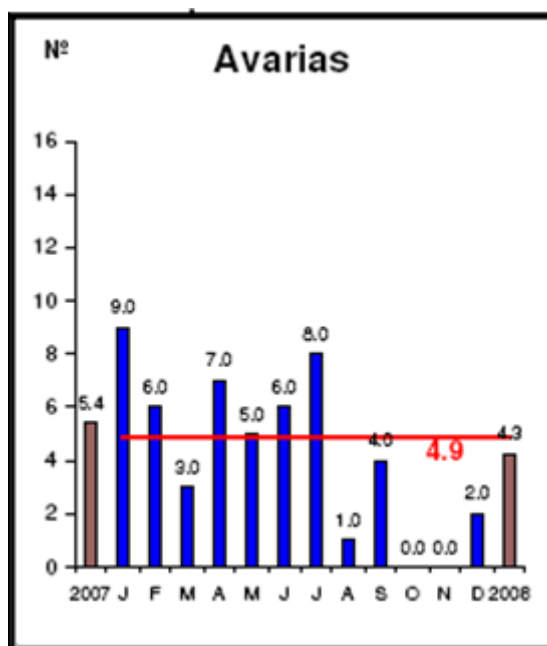


Gráfico 3 – Evolução anual do nº de avarias

Esta diminuição do nº de avarias deve-se a duas situações introduzidas pelos planos de manutenção autónoma. A primeira é a detecção precoce de situações anómalas (tais como ruídos inesperados, sobreaquecimentos, sujidade incomum) que foram prontamente resolvidas antes que tal levasse a uma avaria que originasse a paragem da linha. A outra situação verificada foi a realização de pequenas intervenções pela parte dos operadores, que anteriormente teriam sido sujeitos a pedidos de intervenção ao Departamento de Manutenção.

Esta mudança de atitude só foi possível pelo envolvimento dos operadores e o seu aumento de conhecimentos através da formação realizada e consequente aumento do acompanhamento destes em relação aos equipamentos que operavam.

2.10 Conclusão

Esta parte do projecto teve como principal objectivo a continuação do projecto TPM implementado anteriormente. Além do acompanhamento que vinha sendo realizado e continuará indefinidamente, foi dado um passo no processo de maturação do TPM. Deste modo iniciou-se a realização de pequenos circuitos de inspecção, limpeza e manutenção, realizados regularmente e de forma sistemática por parte dos operadores.

Para levar a cabo esta tarefa foi necessário provocar uma mudança da mentalidade dos intervenientes (colaboradores dos Departamentos de Manutenção e Produção), implicando uma relação de maior proximidade dos operadores com as máquinas mas também um aumento da sua responsabilidade.

Esta inovação revelou-se produtiva, pois devido a este acompanhamento de proximidade foi possível prevenir e resolver vários problemas que se encontravam em fase inicial, evitando situações com implicações graves nos planos produtivos. A situação vivida actualmente apresenta claramente melhorias relativamente ao passado, com maior disponibilidade dos equipamentos, e sobretudo, maior estabilidade dos processos produtivos, pois para qualquer problema que surja, estão definidos os procedimentos a realizar, contribuindo para uma robustez dos planos pré-definidos.

O envolvimento dos colaboradores e estímulo ao seu empenhamento do processo provoca um aumento da auto-estima e motivação dos trabalhadores, sentido que são parte do processo e melhorando o seu trabalho e autonomia.

3 Estabelecimento de serpentinas standard nas Câmaras de Combustão

3.1 Introdução

Neste capítulo irá ser abordado todo acompanhamento das serpentinas que foi realizado, tendo em vista o estabelecimento de standards na secção de Câmaras de Combustão para uma melhoria dos resultados a nível da qualidade.

Os principais problemas detectados durante a execução do projecto relativo a este tema foram essencialmente:

- (i) Grande variabilidade em todo o processo;
- (ii) Elevado índice de CC com necessidade de retrabalho;
- (iii) Programas de fabrico de serpentinas em constante mutação;
- (iv) Decisões tomadas com base na experiência dos operadores.

Estes problemas foram resolvidos através da estabilização dos programas de fabrico das serpentinas, melhoria contínua da geometria das serpentinas através de uma abordagem metódica baseada em factos e com a realização de formação a todos os colaboradores.

No final deste projecto verificou-se que as acções tomadas tiveram o efeito desejado, resultando numa diminuição gradual das CC a necessitarem de retrabalho.

3.2 Processo de fabrico das CC

A Câmara de Combustão (CC) é o componente do esquentador onde o calor resultante da combustão do gás é transferido para a água.

Como referido anteriormente, uma CC pode é constituído por um invólucro em cobre, a “Saia”, na qual está montado um permutador de calor. Toda a saia é arrefecida por duas tubagens que a rodeiam, a que se dá o nome de Serpentinhas e se encontram ligadas ao permutador. Todos os elementos são de cobre com 99,9% de pureza. A figura 13 apresenta uma fotografia de uma CC, onde estão evidenciadas as serpentinas.



Figura 13 – Câmara de Combustão

Após os diversos elementos da CC (saia, permutador e serpentina) terem sido montados manualmente, a CC de combustão é expandida, ajustando-se a saia à serpentina, assumindo a sua forma final. As CC são colocadas nuns apoios, os gabaritos, e são colocadas barras de solda, cujo material de adição é uma liga cobre – fósforo. As CC sofrem então um processo de brazagem automática no forno. Às CC de caldeiras são acrescentados dois tubos nas extremidades das serpentinas, através de um processo de brazagem manual, com uma mistura de gás propano e oxigénio. Após a brazagem todas as câmaras são inspeccionadas visualmente para detectar possíveis zonas por soldar e sofrem um ensaio de estanqueidade para detectar eventuais fugas. Uma CC é dada como apta se passar por ambos os testes. Em caso de resultado negativo a câmara é recuperada manualmente e ensaiada até poder ser dada como apta. Cada CC que é recuperada significa desperdício, pois tratam-se de recursos investidos numa actividade não produtiva, e que não existiria caso se tivesse conseguido “fazer bem à primeira”.

É importante haver uma boa transferência de calor entre o cobre e a água, caso contrário, a saia não será arrefecida o suficiente, provocando um desgaste prematuro da CC. Desta forma é necessário que haja um bom ajuste entre a serpentina e a saia possibilitando a ligação entre ambas em toda a extensão.

Cada zona por soldar, ou fuga detectada é o que se chama de incidência. Uma CC poderá apresentar várias incidências, que são contabilizadas individualmente. Deste modo, se num lote de seis CC, uma apresentar três incidências distintas, e outras cinco se encontrarem conformes, teremos uma taxa de incidências de 50 %.

Os factores que influenciam a soldadura são:

- (i) Tipo de solda e sua colocação;
- (ii) Temperatura atingida pela peça no interior do forno;
- (iii) Processo de montagem;
- (iv) Factor humano;
- (v) Grau de ajuste da serpentina à saia.

Se bem que todos os factores contribuem para o aparecimento das incidências à saída do forno, o grau de ajuste da serpentina à saia é o mais crítico de todos. Uma serpentina que apresente folga excessiva, irá conduzir certamente a pelo menos uma incidência.

Para a brazagem de cobre, a folga entre os componentes a unir, não deverá ultrapassar 0,1 mm de modo a poder se garantir o efeito de capilaridade que permite a brazagem. Na figura 14 pode se observar as folgas admissíveis consoante o processo de brazagem.

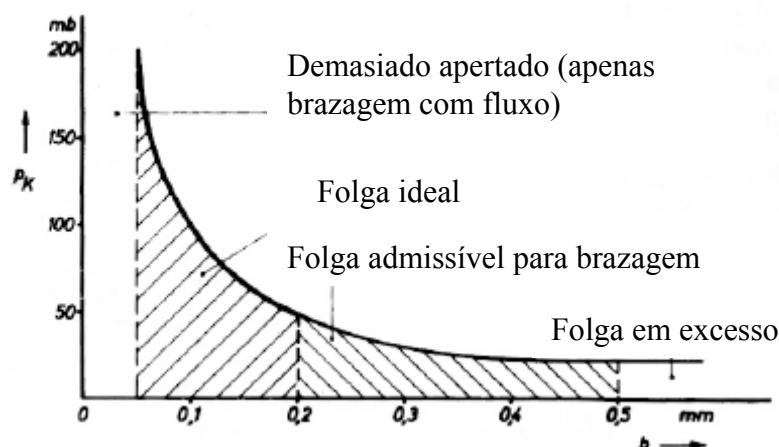


Figura 14 – Folgas admissíveis para brazagem

Fonte: (Brazetec, 2008)

No início deste projecto, foi estabelecido o objectivo de redução dos retrabalhos após o forno, para valores de 10% do total de produção, a médio prazo.

Esta redução terá como consequências directas, a redução do stock intermédio após o forno, redução do nº de pessoas necessário para retrabalhos, e diminuição do *Lead time* das câmaras.

A primeira etapa para a redução das incidências nos fornos passa então pelo controlo do fabrico das serpentinas. Este projecto centrou-se apenas numa das linhas de produção, por ser aquela linha que apresentava grande variabilidade, não se encontrando estável, e por isso, as câmaras produzidas apresentavam elevadas taxas de incidências. Neste projecto, tive como função, acompanhar e auxiliar o Engenheiro de processo que se dedica à gestão do fabrico e controlo das serpentinas dessa mesma linha, acompanhando todo processo de fabrico de serpentinas e CC, detectando focos e acções de melhoria possíveis, implementando essas acções e acompanhei a sua evolução.

O tubo de cobre é fornecido em rolos, sendo depois dobrado e cortado em máquinas de Comando Numérico. Se considerarmos o eixo longitudinal do tubo, como sendo o eixo X de um conjunto de 3 eixos ortogonais, o tubo pode ser dobrado segundo duas direcções Y e Z. Cada troço da serpentina será descrito por um valor para cada coordenada, e a conjugação de todos os troços dar-nos-á a serpentina. As 3 coordenadas que definem um troço de uma serpentina encontra-se esquematizado na figura 15.



Figura 15 – Serpentina e coordenadas que a definem

Devido ao facto da produção das serpentinas possuir um tempo de ciclo superior ao da montagem das mesmas, não é possível trabalhar em linha, havendo a necessidade de criar stocks intermédios, para os modelos de maior cadência.

3.3 Situação inicial

Antes da criação de um projecto focalizado só no fabrico das serpentinas, assistia-se a uma situação algo anárquica. Deste modo não havia ninguém que acompanhasse exclusivamente o processo de fabrico das serpentinas.

Assim, a situação que se vivia na fábrica pode ser resumida do seguinte modo:

- (i.) Serpentinas com cotas fora de controlo, só eram detectadas se:
 - (i.a.) Operadores não conseguissem montar a serpentina na CC (aperto em excesso);
 - (i.b.) Apresentassem folga em excesso muito superior ao máximo desejável;
- (ii.) Quando uma serpentina era rejeitada pelos operadores:
 - (ii.a.) Havia uma quantidade considerável de serpentinas fora de cota já produzidas;
 - (ii.b.) O próprio operador efectuava correcções alterando o programa de Comando Numérico, baseado única e exclusivamente na sua experiência.

Em resultado deste enquadramento:

- (i) Assistia-se a uma grande variabilidade em todo o processo, estando o mesmo longe de se encontrar estável;
- (ii) Os programas de fabrico das serpentinas encontravam-se em constante mutação;
- (iii) Conceito de uma serpentina ser dada como “boa” variava consoante operador.

Além de todos estes focos de instabilidade, era necessário lidar com outros factores, que não foram alvo de modificações, nomeadamente:

- (i) Propriedades mecânicas do cobre (ductilidade, dureza e retorno elástico);
- (ii) Utilização de cobre do início ou do final do rolo;
- (iii) Robustez e capacidade da máquina de fabrico de serpentinas.

Em relação à variação das propriedades mecânicas da matéria-prima consoante o lote, a norma pela qual se rege o cobre que é fornecido à Bosch Termotecnologia, possui um largo intervalo dos valores de especificação das propriedades mecânicas do material, tais como a dureza, ductilidade e o retorno elástico. Isto implica que possam ser aceites dois lotes com valores de dureza bastante diferentes, desde que se encontrem dentro dos valores limite de aceitação. Diminuir a gama de valores admissíveis implicaria aumentar fortemente o custo de produção do mesmo.

As máquinas utilizadas para a dobragem e corte de serpentinas, quando comparadas com as outras máquinas existentes na secção que cumprem a mesma função, apresentam pouca robustez para o processo. Deste modo não se sabe até que ponto estas máquinas terão capacidade para fabricar as serpentinas. Tratam-se de máquinas cuja manutibilidade é muito difícil de executar, com poucas operações de manutenção que podem ser executadas pelo

operador, sendo necessário um técnico especializado para efectuar a manutenção das máquinas.

3.4 Intervenção nas máquinas do fabrico de serpentinas

Devido ao facto de as máquinas de fabrico de serpentinas possuírem uma manutabilidade difícil, necessidade constante de tarefas de manutenção, limpeza e acompanhamento contínuo, estes equipamentos são uma boa escolha para iniciar o projecto TPM. Desta forma, espera-se tornar as operações de manutenção mais fáceis e não conformidades serão detectadas precocemente podendo-se proceder imediatamente à sua correcção. Com implementação do TPM, espera-se explorar todo o potencial das máquinas, eliminando, ou pelo menos, reduzindo a variabilidade introduzida pelo factor máquina. Trata-se de um passo que deverá ser tomado antes de se decidir por outras soluções tais como, intervir nas máquinas, dotando-a de elementos mais robustos e sistemas que garantam maior precisão, ou mesmo a sua substituição. No entanto, devido à especificidade das máquinas, trata-se de acções muito dispendiosas, cujo *payback period* é muito elevado, pelo que deverão ser tomadas apenas em último recurso.

No âmbito do 1º pilar do TPM, foi feito o levantamento de todas as não conformidades existentes nas máquinas, e que como tal, deverão ser corrigidas para que se possa continuar com a implementação do TPM.

Tendo em vista a facilitação da manutenção, limpeza e visualização do estado dos componentes para determinar a necessidade de intervenção, foram definidas as seguintes acções:

- (i) Substituição das vedações de protecção fixas existentes por vedações amovíveis, com encaixe pelas extremidades com sistema de fecho com chaves de segurança conectadas ao sistema de emergência da máquina. Deste modo facilita-se o acesso à máquina para operações de limpeza e manutenção;
- (ii) Substituição da tela em PVC por uma malha metálica com colocação de um tabuleiro tipo gaveta para recolha de limalha. Com esta acção pretende-se facilitar a recolha da limalha, e impedir que ela se espalhe por toda a zona de trabalho;
- (iii) Remoção dos painéis de fluidos do interior das máquinas para um local no exterior. O painel deve ter uma gaveta inferiormente para eventual recolha de fugas de óleo. O painel de fluidos deve ter uma protecção física;
- (iv) Colocação de marcas para assinalar os níveis máximo e mínimo nos depósitos de óleo;
- (v) Colocação de uma placa com a identificação do óleo a utilizar;
- (vi) Substituir painel metálico de acesso na parte frontal por painel em policarbonato (transparente);
- (vii) Colocar a zona de aspiração de limalha mais próxima da zona de corte, eliminar as zonas rugosas no interior e colocar o ponto de sopro mais próximo do corte;
- (viii) Colocar um sinal luminoso para aviso de funcionamento em cada um dos aspiradores.

Estas alterações, por motivos orçamentais não foram ainda executadas, e como tal não é possível verificar o seu efeito. No entanto, crê-se que estas simples alterações, complementadas pela realização regular de acções de manutenção, limpeza e verificação, contribuam para uma redução da variabilidade associada ao fabrico das serpentinas.

3.5 Acompanhamento do fabrico das serpentinas

No início do acompanhamento do fabrico das serpentinas ficou definido que se pretendia encontrar um modelo de serpentina que ajustasse bem à saia, tendo baixo índice de incidências, que fosse standard e como tal deveria ser seguido por todos. O valor dos diferentes grupos de coordenadas deixaria de depender do juízo subjectivo de cada um dos intervenientes, e passaria a ser regido por dados concretos. Isto implicava que os programas sofressem o menor número de alterações possível, e eventuais correcções deveriam ser tomadas numa base científica e apenas pelos responsáveis directos. Deste modo, sempre que detectada uma anomalia, esta era comunicada aos responsáveis pelo projecto de controlo do fabrico das serpentinas, os únicos autorizados a proceder à alteração dos programas.

A par disto, decidiu-se que não só os responsáveis pelo controlo das serpentinas deveriam efectuar medições das cotas das mesmas, mas também os operadores. Os operadores deveriam proceder à medição da serpentina sempre que:

- (i) Mudassem de modelo;
- (ii) Mudassem de material;
- (iii) Mudassem de ferramenta;
- (iv) Fosse detectada alguma irregularidade;

Estes procedimentos permitiram que, além da detecção precoce de pequenos desvios sem que haja uma grande quantidade de peças com o mesmo defeito, detectar qual ou quais parâmetros necessitavam de ser corrigidos. As acções deixaram mais uma vez, de serem tomadas com base na percepção de cada um, e assentavam em dados concretos.

Para que todos pudessem medir, analisar e decidir quanto à aptidão de uma serpentina, foi necessário realizar uma formação teórico-prática que teve uma duração total de 6 horas. Foi decidido que além dos colaboradores que operavam as máquinas de dobragem de serpentinas, iriam ter também formação os respectivos chefes de turno e de equipa, pois além de poderem vir a ter de substituir esses trabalhadores, são eles que gerem todos os recursos da fábrica e são afectados directamente pelo não conformidade das serpentinas.

A formação teve como componentes:

- (i) Uma breve introdução explicativa da importância da medição das serpentinas como meio para a redução das incidências;
- (ii) Explicação teórica sobre desvio máximo admissível que uma serpentina pode apresentar relativamente ao modelo considerado standard, de modo que possa ser dada como boa;
- (iii) Explicação e demonstração da utilização dos meios de medição das serpentinas;
- (iv) Aplicação prática e simulação de produção, utilizando os conhecimentos adquiridos.

Como referido anteriormente, o factor mais importante era conseguir um bom ajuste entre a saia e a serpentina, ajuste tal que devesse reduzir a folga, permitindo no entanto a sua montagem, pois uma serpentina demasiado justa exige um grande esforço muscular por parte dos operadores, sendo em alguns dos casos impossível de ser montada pelos operadores. Era necessário portanto, conseguir um bom *trade-off* entre a folga saia – serpentina (traduzido na taxa de incidências) e o esforço pedido ao operador para que montasse a câmara.

Com o passar do tempo verificou-se que havia uma situação que acontecia frequentemente. Quando uma anomalia era detectada na fase de montagem das serpentinas, principalmente quando a serpentina se encontrava demasiado justa, os operadores ou o seu chefe de equipa efectuavam pressão, principalmente sobre o operador responsável pelo fabrico das serpentinas, para que o programa fosse imediatamente alterado, e surgiam muitas queixas relativamente ao trabalho produzido por este. Decidiu-se criar o seguinte procedimento: a última peça medida que estivesse dentro da especificação, deveria ser guardada. Isto funcionava como protecção do funcionário. Assim, no caso de surgirem peças de especificação na linha de montagem, compara-se com a última peça medida que se encontrava dentro de especificação. No caso de as duas serpentinas serem idênticas, verifica-se se o standard deverá ser ou não alvo de melhorias. Caso as duas serpentinas não sejam idênticas, isto significa que durante a produção, houve uma alteração, influenciada por outro factor, que originou a produção de algumas peças defeituosas. Verifica-se então qual o factor que poderá ter levado à produção de peças defeituosas, e se o mesmo se continua a verificar, ou se foi uma situação fortuita que afectou apenas algumas das peças do lote.

Este procedimento muito simples trouxe duas grandes vantagens visíveis:

- (i) O operador sentiu-se protegido e estimulado a efectuar medições (que ocupavam algum do seu tempo útil);
- (ii) Perceber se outros factores haviam interagido, só mudando o programa caso fosse a verdadeira razão.

Com o decorrer do processo, verificou-se que a introdução destas modificações comportamentais resultou numa redução da variabilidade do processo e sua crescente estabilização. Deixou-se de ter correcções constantes aos valores dos programas, tornando-se estes, muito mais estáveis no tempo. Muitas das variações que outrora teriam levado a imediata alteração dos valores dos programas deviam a variações parciais da matéria-prima (pequenas deformações) ou necessidade de realizar pequenas afinações nas máquinas de fabrico de serpentinas.

A etapa seguinte passou por conseguir definir, verificar e implementar serpentinas que fossem standard. Uma serpentina standard pode ser definida como a serpentina que apresenta a geometria com melhores resultados práticos (menor taxa de incidências) obtidos até ao momento, e é seguida sistematicamente por todos. No arranque do projecto, tomou-se como base as serpentinas que eram produzidas na altura, melhorando-as e introduzindo modificações passo a passo, uma alteração de cada vez. Todos os passos tomados tinham como base a metodologia PDCA;

- (i) Observava-se todo processo e eram identificados focos de melhoria;
- (ii) Era escolhido um ponto de melhoria e introduzia-se a modificação;
- (iii) Verificava-se o efeito da melhoria introduzida;
- (iv) Validavam-se os resultados e a serpentina passava então a ser o novo modelo standard.

A introdução de melhorias no formato da serpentina incluiu o estudo da sua geometria e identificação dos troços onde o contacto entre a serpentina e a saia, sistematicamente não era

o desejado. Iniciava-se um processo iterativo, com a realização de cálculos trigonométricos para determinação dos valores desejáveis dos parâmetros de fabrico das serpentinas. Efectuavam-se algumas amostras piloto que eram montadas isoladamente nas CC para verificação dos resultados obtidos. Este ciclo era realizado até se obter uma solução de acordo com o esperado. Após a obtenção da solução provisória uma pequena série de serpentinas era fabricada, montada e seguida no seu trajecto até à inspecção final. Caso os resultados fossem satisfatórios, para validação da solução, produzia-se uma grande série de serpentinas e eram montadas as CC. Uma amostra de grande dimensão permite diluir a contribuição de causas assinaláveis de variação (acontecimentos que podem surgir acidentalmente sem serem detectados e irão influenciar o resultado final como por exemplo queda de uma vareta de solda no interior do forno devido a má colocação), ficando o processo dependente essencialmente de causas comuns de variação (causas inerentes ao processo e que apresentam uma determinada probabilidade e encontrando-se estável ao longo de todo o processo) e da alteração dos parâmetros das serpentinas, cujo efeito se pretendia observar (Cabral, 2004). Caso se verificasse uma redução na taxa de incidências de serpentinas, então a nova serpentina seria validada como standard e outro foco de melhoria deveria ser atacado.

Tal como o ciclo PDCA, o processo de estabelecimento de serpentinas standard é um processo de melhoria contínua, em que vão sendo sempre introduzidas melhorias até se atingir os resultados pretendidos.

Após a melhoria e implementação de todos os standards de serpentinas, observaram-se alterações nos resultados, quer em termos quantitativos, quer qualitativos. Esta alteração nos resultados traduz que além de se verificar uma diminuição das incidências, começou-se a denotar um padrão nas incidências, ou seja, havia um grupo de incidências que era recorrente para um dado modelo, e representava uma parte significativa do valor total das incidências para esse modelo. Estas constatações permitiram que se pudesse atacar as incidências, uma a uma.

Escolhida a incidência a eliminar, analisavam-se as possíveis causas da mesma. Em seguida eram definidas as acções correctivas. Depois de estudado o possível impacto, essas acções eram testadas. Caso os resultados fossem significativos, uma amostra de grande dimensão era produzida. Se o resultado se encontrasse dentro do esperado, a acção era validada e normalizada.

Algumas das acções realizadas passaram por alterar parcialmente a geometria das ferramentas de expandir as CC, para que produzissem um melhor ajuste entre a saia e a serpentina, enquanto outras passaram pela alteração geométrica dos encaixes entre a serpentina e o permutador de calor. De salientar que cada uma destas alterações tinha de ser realizada individualmente para que pudesse ser avaliado a sua verdadeira contribuição para a redução das incidências.

Na tabela 1 pode-se observar um plano resumido de algumas das acções tomadas.

Tabela 1 – Planeamento das acções tomadas

Nº	Acções	% incidências	2008				2009	
			Set	Out	Nov	Dez	Jan	
1	Serpentinas Standard para todas as CC	5%	△	▽				😊
2	Alteração geometria do permutador no modelo 10 L	5%			⊗			😊
3	Alteração zona de encaixe da serpentina no permutador no modelo 13 L	6%			⊗			😊
4	Alteração ferramentas expandir 10 L para eliminação defeito abertura da zona costura	1%			⊗			😊
5	Alteração ferramenta expandir 13L para colocação anel solda	2%			⊗			😊
6	Alteração zona de encaixe da serpentina no permutador de outros modelos	3%				⊗		😊
7	Alteração geometria do permutador no modelo 10 L outros modelos	2%				△	▽	
8	Comparação cotas de expansão da máquina expandir de ambas as linhas	5%				△	▽	
9	Modificação geometria Serp e alteração ferramenta fixar serpentina.	5%				△	▽	
10	Alteração geometria serpentinas 10L	2%				⊗		😊

Legenda:	△ Acção iniciada	😊 Efeito igual ou superior ao planeado
	▽ Acção concluída	😊 Efeito ligeiramente inferior ao planeado

Com as acções planeadas, estimou-se o efeito que cada acção teria na diminuição da percentagem de incidências. Essa estimativa foi feita, conhecendo a contribuição do defeito que cada acção visava eliminar para o volume total da incidências, afectado de um factor residual (o valor zero de incidências, embora deva ser tomado como objectivo, na prática será impossível de atingir de forma consistente devido a factores que não controlamos, ou seja, as causas comuns de variação). Quando todas as acções planeadas se encontrarem implementadas, prevê-se que o nível de incidências, a médio prazo, convirja para os objectivos estabelecidos pela empresa. A curto prazo, os objectivos são intangíveis pois o valor da percentagem de incidências à data do início do projecto era consideravelmente superior ao valor estabelecido como objectivo.

3.6 Resultados e sua discussão

Após algumas das acções definidas previamente terem sido implementadas, conforme consta da tabela 1, foi possível verificar o efeito das mesmas e avaliar se as acções tomadas teriam sido as mais correctas. De salientar que apenas no mês seguinte ao da implementação de uma acção de melhoria é possível verificar o resultado da acção (devido à necessidade de escoar todas as CC e serpentinas produzidas antes da implementação das acções de melhoria). No gráfico 4, é possível observar convergência dos resultados esperados devido à implementação das acções previstas com os objectivos da empresa. No mesmo gráfico encontram-se também representados os valores da percentagem de incidências obtidos no decorrer deste projecto.

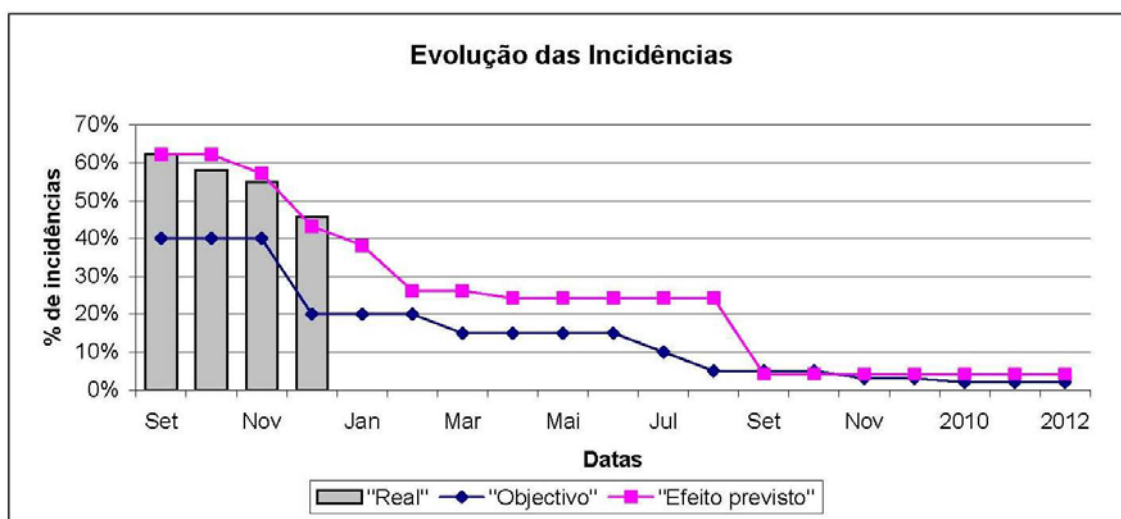


Gráfico 4 – Efeito das acções previstas

Na análise do gráfico 4 pode-se verificar que as acções tomadas resultaram numa redução da percentagem das incidências. Conseguiu-se uma diminuição das incidências de 62% para 46%, o que traduz uma diminuição de cerca de 270 câmaras de combustão/dia que necessitam de serem retrabalhadas (para uma produção média de cerca de 1700 Câmaras/dia para esta linha). A descida verificada acompanha a evolução esperada. Se o objectivo para 2009 for atingido, para a produção actual, tal significará uma redução de 986 CC/dia a necessitarem de serem retrabalhadas.

Antes deste projecto, algum tempo era perdido pelos operadores da linha de montagem devido a serpentinas fora da especificação. Com o acompanhamento que foi feito, este desperdício foi eliminado. A seguinte tabela traduz, em média, as perdas em minutos e em câmaras devidas a serpentinas fora de especificação. Pode se observar que em média, todos os anos 2200 câmaras ficariam por produzir, ou seja, aproximadamente a produção de 3 turnos.

Tabela 2 – Perdas por serpentina fora especificação

	Tempo perdido [min]	CC Perdidas
Média Mensal	92	184
Média Anual	1104	2208

O acompanhamento das serpentinas, permitiu também aumentar a transparência em todo o processo, sendo este mais fácil de seguir e controlar. Deixou de haver rupturas de stock devido a serpentinas que não apresentassem condições para serem montadas, e necessitassem de serem substituídas. As dificuldades sentidas pelos operadores na linha de montagem são bem menores, apresentando um ritmo constante de trabalho, cumprindo as instruções estabelecidas, pois não necessitam de realizar esforços adicionais para que as câmaras sejam montadas.

Deste modo pode se concluir que o procedimento de verificação, análise e implementação de acções correctivas é válido, conduz a uma resolução sistemática dos problemas detectados e a uma diminuição das não conformidades verificadas, causadas por causas assinaláveis de variação. Assim, o processo de controlo do fabrico de serpentinas encontra-se no rumo

correcto e é espectável que os objectivos estabelecidos sejam atingidos, de acordo com o que foi planeado.

3.7 Conclusão

Durante o acompanhamento das serpentinas e o estabelecimento de standards nas Câmaras de Combustão verificou-se que a adopção de uma abordagem sistemática, baseada em factos, com base na metodologia *Plan-Do-Check-Act* levou à criação de serpentinas standard que apresenta bons resultados. Foi necessário efectuar modificações na geometria das serpentinas, calculando o valor desejável dos parâmetros de fabrico, produziram-se peças piloto até se atingir uma solução adequada. Procedeu-se depois à produção de séries de CC para se poder validar as acções tomadas e adopta-las como procedimento normalizado. Procedeu-se também a alterações geométricas noutros componentes e modificações de algumas ferramentas. Todas as acções de melhoria efectuadas tem levado a um aumento progressivo dos índices de qualidade, conforme o esperado, validando a abordagem seguida.

A variabilidade associada ao processo dos factores que são controláveis diminuiu contribuindo para um aumento da estabilidade do processo e das peças produzidas. A percentagem de peças fora de especificação diminuiu consideravelmente, permitindo uma melhor execução dos processos de montagem das CC.

Com base nos resultados obtidos, é de esperar que os objectivos estabelecidos a médio/longo prazo sejam cumpridos.

3.8 Estudo de substituição do processo de soldadura manual dos tubos de caldeira, por um processo automático.

Durante o projecto, aproveitando o acompanhamento no terreno, foi efectuado o estudo da substituição de um dos passos de soldadura manual por um processo de soldadura automática, durante o fabrico de CC de caldeiras.

Uma das diferenças entre o fabrico de CC de esquentadores e caldeiras é a necessidade de acrescentar dois tubos a cada uma das serpentinas, após a saída do forno. Este processo é actualmente realizado através de brazagem manual, utilizando uma mistura oxigénio e propano (vulgarmente conhecido como maçarico). Tal processo apresenta duas grandes desvantagens: o seu elevado tempo de ciclo e a necessidade de operadores qualificados (soldadores). O seu tempo de ciclo é superior ao tempo de ciclo do forno, o que impede que se trabalhe em linha (45 s/peça contra 22 s/peça, actualmente o forno é o estrangulamento da linha, estando a mesma balanceada em função do forno). Desta forma, as CC de caldeiras, após a saída do forno, são acondicionadas para se proceder depois à soldadura dos tubos, sendo depois as CC inspeccionadas visualmente e testada quanto à sua estanqueidade. A par de realizar a soldadura dos dois tubos, a extremidade da serpentina é soldada à saia garantindo o seu posicionamento final. Os soldadores, além de soldarem os tubos das caldeiras, têm também como função recuperar todas as CC que não passaram na inspecção visual ou no teste de estanqueidade. Como a produção de caldeiras não se encontra nivelada, em alturas de menor produção, os soldadores realizam tarefas em outros postos. Desta forma temos mão-de-obra qualificada subaproveitada.

As CC de combustão de 5 L apresentam constituições e dimensões muito diferentes de todos os outros modelos de CC produzidos. Um dos últimos passos do seu fabrico é a soldadura de

dois tubos através de um processo automático de brazagem utilizando oxigénio e propano, utilizando uma máquina de soldadura rotativa. Desta forma, e uma vez que as CC são unicamente produzidas durante a noite, encontrando-se a máquina livre durante o restante tempo, estudou-se a opção de adaptar esta máquina para soldar os tubos de caldeiras.

Na soldadura automática dos tubos às CC, as únicas tarefas que o operador tem de executar são colocar e retirar as câmaras. O tempo de ciclo desta máquina é de 70 s para duas peças, ou seja, 35 s/peça (a máquina solda duas câmaras de cada vez). O tempo necessário para o operador colocar e retirar duas câmaras é de 22.65 s. Uma vez que a máquina possui 3 estações, permite que 2 câmaras sejam retiradas e colocadas enquanto, 2 peças são soldadas e outras 2 arrefecidas. Desta forma, o operador poderá desempenhar outras tarefas enquanto a máquina opera. Apesar de esta solução não permitir para já trabalhar em linha, consegue obter um ganho em termos de tempo de ciclo relativamente ao processo manual. Este processo apresenta outras duas vantagens. Uma delas é a possibilidade de qualquer operador desempenhar esta tarefa, dispensando a presença de soldadores, que ficariam única e exclusivamente encarregados de recuperar câmaras, podendo-se reduzir o nº de soldadores necessários.

A utilização da máquina de soldadura automática para soldar os tubos de caldeiras não obrigaria a custos adicionais uma vez que esta máquina já existe e se encontra disponível. Desta forma, a hipótese de utilização desta máquina foi analisada e procedeu-se à realização de testes funcionais.

A realização dos ensaios funcionais implicou desenhar e executar um gabarito de montagem de câmaras de caldeiras e dotá-lo de um sistema de mudança de ferramenta para que se pudesse mudar rapidamente o gabarito consoante o modelo a produzir (figura 16).



Figura 16 – Gabarito construído para a realização de testes funcionais

Depois da realização de alguns testes funcionais, concluiu-se que o processo era capaz de realizar a soldadura destes tubos, com baixa taxa de fugas, mas não era capaz de soldar a serpentina à saia.

As extremidades das serpentinas dos esquentadores são unidas à saia, aquando a brazagem no forno. Pensou-se em efectuar o mesmo procedimento com as CC de caldeiras.

Depois de realizados alguns ensaios verificou-se que tal não é a para já possível, devido a duas razões:

- (i) Os gabaritos não foram concebidos para colocar a extremidade da serpentina de caldeiras na sua posição final, o que provocava aparecimento de algumas câmaras com essa zona por unir.

- (ii) Verificava-se o escorrimento da solda para a extremidade da serpentina, dificultando ou impedindo mesmo posteriormente o encaixe do tubo, última operação.

Face a esta situação, havia duas vias a seguir, quanto ao processo para soldar a extremidade da serpentina à saia:

- (i) No forno, resolvendo os dois problemas detectados
- (ii) Na máquina automática alterando os parâmetros de soldadura

Para a primeira opção, o primeiro problema pode ser facilmente resolvido, dotando os gabaritos de posicionadores (tal como no caso das CC de esquentadores). O segundo problema implica estudar a utilização de solda com um teor diferente de fósforo, que torne a solda menos fluida.

Se a segunda via for a escolhida, a alteração dos parâmetros é feita manualmente, através do ajuste de posicionadores e válvulas. Além de se tratar de uma operação lenta, surge depois a dificuldade de garantir que os mesmos parâmetros estão garantidos de cada vez que sejam alterados.

Neste momento está a ser feita um estudo da situação, com um levantamento das hipóteses possíveis, estudo da sua eficácia e rentabilidade, tendo em vista escolher a melhor opção para que se proceda à alteração do processo de brazagem. Espera-se que seja encontrada uma solução válida para a substituição do processo de soldadura manual por um processo de soldadura automática, que teriam com resultados uma economia em mão de obra e diminuição do *Lead Time* da secção de Câmaras de Combustão, no caso de CC de caldeiras.

4 Trabalho normalizado – Standardized Work

4.1 Introdução

A implementação do Trabalho Normalizado (ou seja, a pré-definição das tarefas produtivas e sua realização de forma sistemática pelos operadores) revelou-se uma necessidade para a secção como garantia da estabilidade dos processos produtivos e da própria produção (quantidade).

A realização do Trabalho Normalizado implicou uma adaptação dos métodos normalizados de trabalho pelos operadores, em detrimento dos métodos individuais, sendo necessário proceder-se à formação dos colaboradores, e à confirmação diária de que a metodologia é seguida, não só para garantir que as operações são seguidas mas como parte do processo de melhoria contínua.

Algumas acções foram desencadeadas como consequência deste acompanhamento e observação diária criando-se condições para se melhorar os fluxos (de pessoas, peças e meios) e o próprio processo, obtendo-se processos mais regulares e transparentes.

4.2 Introdução ao trabalho normalizado

A normalização é um princípio importante do BPS. A repetição dos movimentos normalizados torna os desvios visíveis, aumenta a transparência do processo e promove a implementação de acções de melhoria. Surge então a necessidade de criar uma ferramenta que descreva a melhor sequência de trabalho até então conhecida, do ponto de vista da qualidade, quantidade de peças produzidas e menor custo (menor desperdício). Tal como muitas das outras ferramentas utilizadas, é uma ferramenta que está em constante actualização e melhoria, apoiando a introdução e implementação sustentada do processo de melhoria contínua, podendo a sequência de trabalho ser alterada, se uma sequência melhor for desenvolvida.

O trabalho normalizado é a realização de uma determinada tarefa (produtiva, manutenção ou de transporte) da mesma maneira por qualquer membro da empresa. A utilização de procedimentos normalizados significa que determinada acção será cumprida da mesma forma, com o mesmo resultado, independentemente do agente que a executa do local onde é realizada. O trabalho normalizado pode ser aplicado em qualquer local de uma empresa, quer seja na produção, manutenção, logística ou mesmo no departamento administrativo.

Com a implementação do trabalho normalizado é possível detectar de maneira mais fácil focos de melhoria, facilita a rotatividade dos trabalhadores pelos diversos posto de trabalho, sem negligenciar os resultados.

A implementação do trabalho normalizado implica o seguimento de 4 passos importantes:

- (i) Desenvolvimento da melhor maneira de completar uma tarefa: A sequência de trabalho definida como Standard é aquela que apresenta melhor conjugação dos 3 factores: produtividade, qualidade e custo. Das várias sequências possíveis para a realização de determinada tarefa, só uma é escolhida.

- (ii) Descrição do método: Todos os passos da sequência de trabalho são discriminados e quantificados (o tempo no qual cada passo deverá ser completado). O método é apresentado a todos os colaboradores e explicada a sua importância para todos, incluindo os próprios trabalhadores.
- (iii) Normalização do método: O método é seguido por todos, aumentando a transparência, a eficiência e qualidade. Quando todos seguem o modelo normalizado, o sector produtivo está apto a produzir da melhor forma possível até então. Novos focos de desperdício podem agora ser detectados.
- (iv) Verificação da conformidade com o standard: Os responsáveis produtivos verificam se os standards são cumpridos, através da observação da sequência de trabalho adoptada pelos trabalhadores, bem como dos tempos de ciclo de cada posto de trabalho. O acompanhamento pelos gestores do trabalho produzido pela secção não é feito apenas com base nos indicadores globais, pois estes podem camuflar eventuais inconformidades. Os dados são recolhidos na hora de forma a traduzirem a realidade da secção. Assim o gestor fica a saber *in loco* o verdadeiro estado de situação da secção de modo a poder tomar as eventuais medidas correctivas, antes que inconformidades detectadas possam gerar problemas de maior dimensão que só terão reflexo mais tarde (como por exemplo peças rejeitadas pelos clientes, incumprimento dos prazos de entrega).
- (v) Gestão dos desvios relativamente ao standard: No caso de eventuais desvios ocorrerem, deverão ser detectadas as suas causas para que possam ser eliminados. Para se poder detectar a causa de um desvio colocam-se as seguintes questões:
 - (v.a.) O standard está actualizado?
 - (v.b.) Os colaboradores conhecem o standard?
 - (v.c.) Estão treinados para o fazer?
 - (v.d.) Existem condições para que possa ser cumprido?

Muita das vezes, com a rotação dos postos de trabalho, um operador não conhece, ou tem alguma dificuldade para cumprir um standard. Antes de se atribuir um trabalhador a um posto de trabalho, deve-se assegurar que ele conhece o standard e está treinado para o fazer. Em certas ocasiões excepcionais (como por exemplo elevado absentismo num determinado dia para a mesma secção) há a tendência para se negligenciar este aspecto, mas tal por vezes acarreta resultados negativos (tais como problemas de qualidade ou aumento de tempo de ciclo). Este é um aspecto que deve ser cumprido mesmo quando o tempo é escasso. O tempo gasto na formação dos colaboradores não deve ser visto como um desperdício mas antes como um investimento. Para facilitar a integração de novos colaboradores mas também para auxiliar os mais antigos, no local de trabalho encontra-se informação visível sobre o standard a cumprir, de forma que qualquer dúvida que surja possa ser devidamente esclarecida em tempo útil, sem a implicação de perdas.

Outro aspecto que a implementação do trabalho normalizado visa auxiliar é a variação da quantidade de trabalhadores necessários consoante os diversos cenários de produção, o que implica uma diferente distribuição de tarefas e alteração do standard. A montagem de um determinado componente exige distribuições de tarefas diferentes consoante o nº de operadores envolvidos. A vários cenários com diferente nº de operadores para a mesma célula correspondem diferentes capacidades produtivas. A cada um dos cenários dá-se o nome de balanceamentos. Os diferentes standards encontram-se disponíveis para que seja fácil alternar entre um cenário de produção e outro.

Desta forma, surgiu na Bosch a necessidade de criar uns documentos, que descrevam os standards, as sequências de trabalho, vários cenários produtivos possíveis e as quantidades esperadas que cada sequência seja standard seja capaz de produzir.

Toda documentação de auxílio à implementação do trabalho normalizado consiste em 5 documentos distintos. Cada posto de trabalho possui um conjunto destes documentos. Na Bosch a criação de estes documentos são da responsabilidade do departamento de tempos e métodos (pois possui a formação necessária para quantificar as tarefas produtivas relativamente ao tempo que cada uma exige) e do departamento de produção (devido ao seu conhecimento relativo às várias sequências de trabalho possíveis). No início deste projecto, a maioria de estes documentos encontravam-se já concluídos, aguardando a sua implementação. Irei fazer uma breve descrição de cada um dos documentos para facilitar a compreensão do processo de implementação do trabalho normalizado.

- (i) Folha de trabalho Standard: Esta folha possui a listagem de todas as tarefas e o tempo que cada uma demora a ser completada para os diversos balanceamentos (nº de operadores) e capacidades produtivas e sua distribuição pelos diversos operadores da célula/linha.
- (ii) Gráfico de Balanceamento da célula/linha: Representação gráfica global do balanceamento da linha, com distinção do tempo de trabalho do operador e tempo máquina. Este último traduz-nos o tempo que o operador não é necessário, e poderemos lhe atribuir para realizar outras tarefas. Este gráfico é igual para todos os postos da mesma linha.
- (iii) Gráfico de Balanceamento individual: Conceito similar ao Gráfico de Balanceamento da célula, mas apenas com as tarefas de cada posto de trabalho.
- (iv) Folha de Layout: Apresenta a distribuição dos colaboradores consoante o balanceamento e seus deslocamentos entre os postos de trabalho
- (v) Instrução de Produção e Qualidade (IPQ): A folha IPQ contém descrição detalhada das tarefas envolvidas, com fotografias ou esquemas, se necessário, para auxiliar o operador e critérios de qualidade aos quais o operador deverá estar atento. Poderá conter também determinadas notas com o objectivo de alertar o colaborador para potenciais erros que possam vir a ser cometidos durante a realização da tarefa.

Para melhor visualização, o anexo K contém um exemplo de cada um desde documentos utilizados. Após a criação dos diversos documentos e sua colocação no posto foi necessário proceder à formação de todos os colaboradores sobre o significado e interpretação de cada um destes documentos. A esta formação geral seguiu-se uma formação particular onde foi explicado a cada colaborador qual seria a sua sequência de trabalho normalizado que ele teria de cumprir no seu posto de trabalho. Esta formação individual é repetida sempre que se verifica a rotação de um trabalhador para um posto de trabalho que ele não tenha operado anteriormente. Se o standard entretanto sofrer alteração, os colaboradores são imediatamente informados para que cumpram a nova sequência normalizada.

4.3 Confirmação do processo

Para que os trabalhadores operem segundo o modelo normalizado foi necessário proceder à confirmação do processo. A confirmação do processo significa a observação contínua do processo, a colocação de questões e a reacção imediata aos desvios, tais como operadores não treinados, excesso de stock em curso, variações do tempo de ciclo por perdas de velocidade,

etc., por todos os envolvidos. A confirmação do processo é necessária para garantir o trabalho standard, encontrar desvios e problemas e usar as ideias dos trabalhadores para melhorar os processos. A confirmação do processo permite detectar desvios relativamente ao modelo padrão, antes que estes provoquem uma paragem. Os desvios são algo que tendem a surgir. Daí a importância de diariamente se realizar a confirmação do processo. Todos os dias:

- (i) A performance do processo varia;
- (ii) Peças e componentes variam;
- (iii) Os colaboradores rodam e operam de formas distintas;
- (iv) Máquinas e equipamentos variam.

A confirmação do processo é realizada por todos os responsáveis de todas os departamentos relacionados com o funcionamento da linha, desde a Produção à Administração passando pela Logística. Quanto maior a responsabilidade dentro da empresa, e maior o distanciamento relativamente ao processo produtivo, menor é a periodicidade. Assim, o responsável de equipa realiza a confirmação do processo diariamente enquanto o Administrador efectua uma confirmação do processo anual. O importante é que todos os responsáveis façam parte do processo, para que este possa verdadeiramente ser implementado, sem atrasos e obstáculos, estando assim toda a equipa comprometida com o sucesso desta acção.

Para auxiliar a realização da confirmação de processo foi criada uma “Checklist” que serve de guia a quem efectua as confirmações (figura 17). Nela existem uma série de questões cuja resposta permitirá avaliar se o standard está a ser cumprido. Há lugar para descrição de desvios detectados, bem como eventuais melhorias que o “auditor” possa detectar. No início de cada confirmação, o responsável pela confirmação do processo tem de consultar a informação disponível em cada posto, mesmo que julgue conhecer bem todas as tarefas, e compara com o que está a ser feito nesse exacto momento. É também realizada a análise dos tempos que cada operador demora a realizar as tarefas da sua responsabilidade. No caso de surgirem desvios, a equipa produtiva é alertada para que estes possam ser corrigidos.



Confirmação de Processo: Checklist para o Trabalho Normalizado					
Linha/Célula/Processo:			Data:		
Posto:			Turno:		
Produto (Gama / Referência):			Realizado por:		
N.º	Confirmação de Processo - Trabalho Normalizado	Sim	Não	Desvios, notas.	
1	O operador conhece os seus standards (trabalho normalizado, instrução de produção e qualidade, layout e preenchimento de documentação de controlo) e está devidamente treinado?				
2	A sequência de trabalho observada está de acordo com o standard?				
3	O stock em curso (WIP) está de acordo com as quantidades indicadas no standard (ver folha do layout)?				
4	Os controlos manuais/visuais e os processos críticos de qualidade estão a ser cumpridos?				
5	Os limites de reacção estão de acordo com o standard e são cumpridos?				
N.º	Melhorias no Trabalho Normalizado	Sim	Não	Notas, potenciais de melhoria.	
1	Existe uma forma mais correcta para realizar as operações deste posto (ex: eficiência, risco de falha, manuseamentos, segurança, etc)?				
2	Existem peças/componentes acumulados entre processos/postos? Se sim, porquê?				
3	O operador espera pelo equipamento (Tempo de ciclo de máquina superior ao tempo de ciclo do operador)?				
4	O operador está a realizar tarefas fora do ciclo (operações extra, etc.)?				
5	O operador recebe informações claras do processo (ex: tempo de ciclo do equipamento, defeitos, problemas, etc.)?				
6	Os equipamentos param após utilização do Pull Cord?				
7	Qual a data da última actualização ao standard deste posto? É evidente uma metodologia de melhoria contínua dos standards?				
Tempo de Ciclo Planeado: _____ segundos					
Medição de Tempos (<i>tempo de ciclo + tempo de espera</i>)		Observações			
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Notas adicionais:					
					

Figura 17 – Checklist para realização da confirmação do processo

Numa realização de uma confirmação de processo, o responsável analisa cada operador individualmente. Primeiro compara a sequência de tarefas que o operador realiza, confirmando se o mesmo as realiza conforme o modelo estabelecido e de forma sistemática. Cada sequência de trabalho tem um tempo definido. O responsável pela confirmação de processo realiza a cronometragem do operador efectuando 10 medições. A média obtida deverá ser idêntica ao tempo estabelecido como standard. É registado o valor e caso se encontre desfasado do valor estabelecido tal facto deverá ser assinalado. A condição do posto de trabalho e a quantificação do stock intermédio são verificadas relativamente ao standard.

A segunda parte da confirmação do processo consiste numa análise por parte do responsável sobre possíveis melhorias que possam ser efectuadas. Quando o “auditor” detecta que há uma forma melhor de desempenhar determinada tarefa, ou a própria sequência, tal é registado para análise e avaliação da necessidade de mudar o standard.

Após cada confirmação do processo, os dados recolhidos são disponibilizados no quadro de trabalho normalizado existente em cada linha. Além de ser aí colocada todas as checklist's para posterior inserção no sistema informático, é registada a presença/ausência de desvios detectados e melhorias que poderão vir a ser introduzidas. Este procedimento permite dois aspectos: fácil identificação do estado de cumprimento dos standards da linha e rápida identificação de melhorias para que se possa proceder imediatamente ao seu estudo.

4.4 Pequenas melhorias efectuadas no âmbito do trabalho normalizado

Para que os operadores cumpram o standard, durante a realização de este projecto, foram criadas as condições para que tal possa ser executado facilmente. Por exemplo, no caso de durante o processo produtivo, os operadores terem de se deslocar de um posto para o outro é desejável que não encontrem obstáculos durante esse deslocamento. No entanto a linha não é um local isolado dentro da fábrica. Nela circulam os mais diversos agentes externos.

- (i) Operadores logísticos;
- (ii) Responsáveis da manutenção;
- (iii) Responsáveis de engenharia;
- (iv) Auditores
- (v) Etc.

É importante assegurar que estes agentes não serão obstáculos aos operadores, nem coloquem objectos na sua rota. Esta questão foi solucionada, marcando o trajecto entre postos dos operadores no chão (figura 18). Assim, qualquer pessoa exterior ao processo sabe onde não se deverá colocar de modo a não criar dificuldades aos operadores.

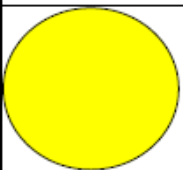

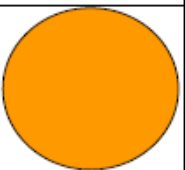

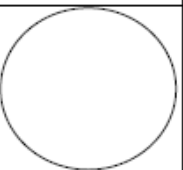
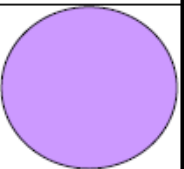


Figura 18 – Marcação no chão do trajecto dos operadores

Aquando o início de este projecto, a identificação dos componentes era feita individualmente por um código numérico. Acontece que um mesmo componente pode pertencer à composição de várias referências de Câmaras de combustão. Com a identificação individual era necessário conhecer a constituição de cada CC de cor, ou estar a consultar a sua estrutura sempre que era mudada a referência a produzir. Esta situação originava os seguintes problemas:

- (i) Difícil identificação;
- (ii) Difícil integração de novos colaboradores;
- (iii) Atrasos e trocas;
- (iv) Falta de transparência.

Surgiu então a necessidade de um sistema de gestão de todos os componentes mais fácil, rápido, e muito mais visual. Desta forma, surgiu a ideia de se agrupar as diferentes CC de combustão em famílias. A característica escolhida foi a dimensão/caudal. A cada família foi atribuída uma cor e cada componente constituinte de um CC era representado por essa cor. No caso se entrar no fabrico de várias CC, teria associado várias cores. A versão final e actualizada desse código de cores é a representada na figura 19.

ESQUENTADORES					
10 L	13 L	16 L	B	W	AL
					

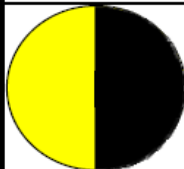


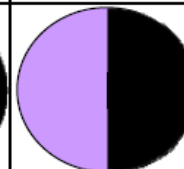

CALDEIRAS				
10 L	13 L	16 L	AL	KL
				

Figura 19 – Código de cores por família

Por exemplo, o componente mais à esquerda da figura 20 é utilizado em CC de 10 e 13 L.



Figura 20 – Componentes identificados com cor correspondente

Vantagens:

- (i) Fácil e rápida identificação;
- (ii) Fácil adaptação à tarefa, evita necessidade de conhecer a estrutura de cada CC;
- (iii) Evita atrasos e trocas;
- (iv) Aumenta transparência.

Aproveitando estas vantagens, o mesmo código foi estendido às ferramentas das máquinas, que deixaram de ser identificadas pelos caracteres gravados, por vezes ilegíveis, e passaram a ser identificados pelas cores (figura 21).

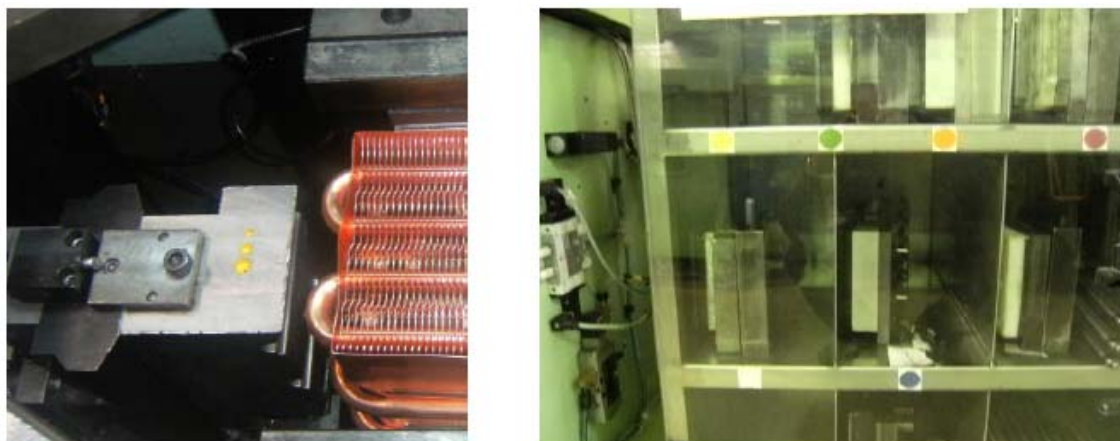


Figura 21 – Figuras identificadas com a cor correspondente

As CC quando entram no forno são colocadas em gabaritos, que permitem a sua deslocação no interior do forno na posição correcta. A par dos gabaritos são montados outros componentes temporários, que têm como função colocar todos componentes na sua posição correcta durante a soldadura, tais como cantoneiras, quadrados e barras, em aço. A cada família de CC corresponde um conjunto de diferentes dimensões. O carro transportador destas peças auxiliares, depois de vazio era colocado perto da entrada do forno, para que pudessem ser colocadas as peças aí para poderem ser reutilizadas. A situação que se vivia pode ser resumida da seguinte forma (figura 22):

- (i) O agrupamento destas peças auxiliares era feito de forma desordenada;
- (ii) Era normal gabaritos e outras peças, de várias dimensões estarem misturadas;

(iii) Era frequente faltar gabaritos aquando a sua utilização.



Figura 22 – Transporte de gabaritos antes da implementação da gestão visual por cores

Para tal adquiriram-se carros logísticos, em que cada um deveria conter conjuntos de peças auxiliares para 32 CC.

Apesar do carros se encontrarem identificados, com folhas descrevendo o conteúdo de cada carro, continuava-se a verificar a mistura e a variação do número de peças de carro para carro. Por vezes o ritmo de trabalho era de tal forma elevado, que os trabalhadores escolhiam o carro que estivesse mais próximo, sem ter em atenção de ler a identificação.

A situação foi resolvida, identificando o carro logístico com a respectiva cor da família de CC, e criando um corredor paralelo ao forno apenas para estes carros logísticos (figuras 23 e 24). Assim, se uma série de CC de 10L era colocado no forno, seguido de CC de 16L, na saída do forno iriam surgir na mesma ordem em que tinham sido colocadas no forno, acabando com as misturas. Da mesma forma, se apenas 10 gabaritos eram retirados, o carro deslocar-se-ia para a saída, podendo ser completado de forma que cada carro contivesse sempre 32 conjuntos.



Figura 23 – Meios logístico identificados com a cor correspondente



Figura 24 – Corredor exclusivo para meios logísticos dos gabaritos do forno

4.5 Resultados e sua discussão

A implementação do Trabalho Normalizado na secção obteve resultados conforme o esperado. A maioria dos benefícios que resultam da implementação do Trabalho Normalizado não é mensurável, pois tratam-se de ganhos em transparência a nível de todo o processo, e facilidade de adaptação ao posto de trabalho por novos operadores. A realização das sequências de trabalho segundo a especificação tem também consequências no aumento da qualidade, pois através da sua repetição previnem-se e detectam-se precocemente inconformidades, no entanto não é possível apurar a contribuição do factor Trabalho Normalizado para o resultado total do indicador qualidade. Estas são melhorias que apenas são visíveis directamente a quem tem a responsabilidade de lidar diariamente com as suas sequências. A normalização dos procedimentos na montagem conduz a uma estabilidade e melhoria de todo processo a montante.

O envio de referências trocadas para a linha de montagem, ou a mistura de referências diferentes no mesmo lote são situações que tendem a desaparecer com a realização do Trabalho Normalizado. Contudo, uma vez que estas situações são resolvidas mal sejam detectadas, entre os diferentes responsáveis produtivos e logísticos, não são contabilizados.

Dois dos factores que são afectados directamente pelo trabalho são a Eficiência e a Qualidade. Mais uma vez recorremos ao gráfico 1, utilizado anteriormente no capítulo 2.9.

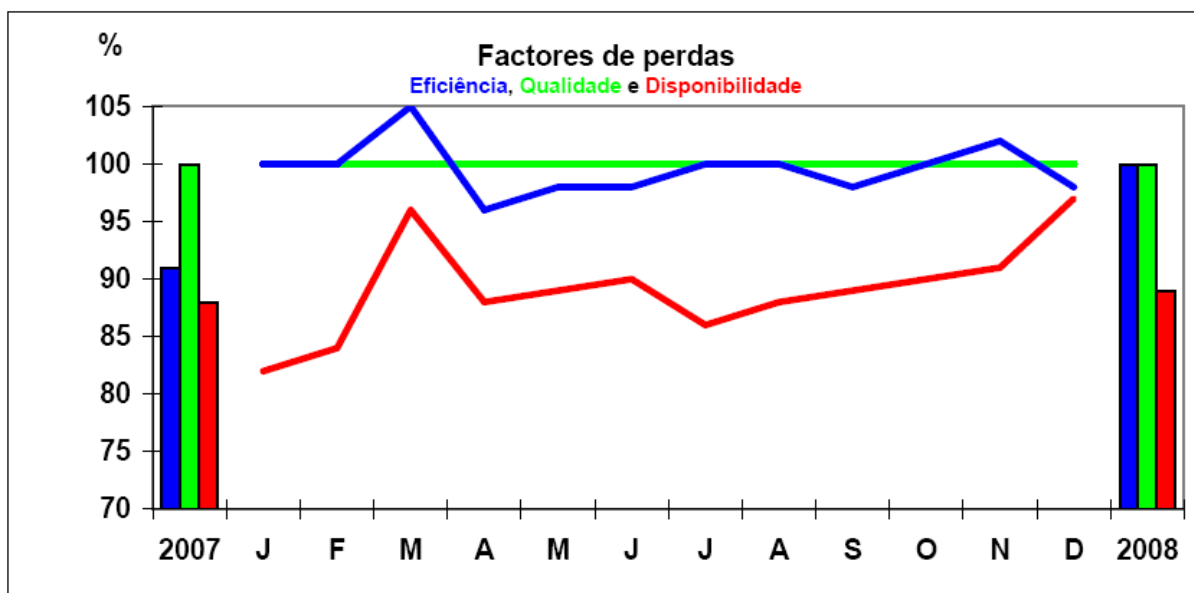


Gráfico 1 – Evolução da Eficiência e Qualidade

Pode-se observar que as taxas de Eficiência e de Qualidade têm se mantido elevadas, estáveis e acima do objectivo estabelecido, principalmente nos últimos meses. A melhoria observável não é muito visível, mas temos de ter em consideração que os indicadores se encontram num patamar muito elevado, e que qualquer melhoria será pequena e árdua, mas o maior benefício é a estabilidade do processo, na linha onde o Trabalho Normalizado foi implementado e que inclui apenas operações de montagem.

A implementação de trabalho normalizado tem uma outra implicação no factor qualidade para além da sua evolução. Através da realização do trabalho normalizado, é mais fácil para os operadores detectarem e evitarem erros de processo com consequências na qualidade. Passa a haver uma visão mais proactiva no âmbito da qualidade, focalizada mais na prevenção e correcção de defeitos durante o processo ao invés de inspecção no final do mesmo.

Há outros indicadores que são afectados pelo Trabalho Normalizado. A verificação do cumprimento dos “5 S” (referido anteriormente no ponto 3.3.1) é realizada de forma sistemática em toda a empresa mensalmente. Uma vez que a realização do Trabalho Normalizado impõe que apenas esteja presente o material necessário no local correcto além da boa manutenção do local de trabalho, tal irá ter reflexo no cumprimento da metodologia “5 S”. A evolução dos resultados das auditorias “5 S” efectuadas à secção pode ser observada na Tabela 3.

Tabela 3 – Pontuação “5 S” da Secção em 2008

	2007	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Set	Out	Nov	Dez	Média 2008
Pontuação (%)	80.6	76.8	84.8	82.0	84.0	88.8	88.0	84.0	80.8	84.0	94.0	92	85.0

Verifica-se uma clara melhoria de este indicador, principalmente a partir do mês de Outubro, data a partir da qual se passou a realizar a confirmação do processo de forma regular. Os últimos valores obtidos aliás, superam qualquer valor anterior e encontram-se estáveis. É um facto que o cumprimento dos “5 S” não é apenas fruto da existência do Trabalho Normalizado, mas não será de desprezar a sua contribuição para o evoluir dos resultados.

4.6 Conclusão

A implementação da realização do Trabalho Normalizado é pesado para o processo e implica mudanças na atitude das pessoas, mas é algo necessário para garantir a estabilidade dos processos.

A realização das sequências normalizadas de trabalho serve de base sólida para a melhoria contínua dos processos, pois permite a detecção precoce de desvios accionando acções de melhoria contínua. A detecção precoce dos desvios e sua gestão permite corrigir facilmente inconformidades que poderiam levar a paragens da linha ou problemas de qualidade caso só fossem visíveis numa fase mais adiantada.

Para a implementação do trabalho normalizado é necessário definir qual é a sequência de trabalho mais adequada que deve ser seguida por todos operadores que desempenhem aquela tarefa produtiva. Tal como todo processo, as sequências normalizadas de trabalho podem a qualquer momento ser alteradas desde que essas alterações signifiquem melhorias, quer sejam melhorias a nível do processo, do produto e sua qualidade ou facilidade de operação para os operadores. A garantia do cumprimento dos standards definidos pelas sequências de trabalho normalizado só é conseguida através da realização regular das confirmações de processo e através da criação e melhoramento das condições de trabalho.

Durante este projecto foi necessário proceder-se ao acompanhamento de todo o processo de fabrico de CC para detectar desvios e suas causas, verificar os cumprimentos dos standards e identificar possíveis melhorias. Desta forma foram executadas algumas acções que resultaram num aumento da transparência do processo. A execução destas melhorias e a realização do trabalho normalizado promoveram uma estabilidade e aumento da eficiência, qualidade e organização. Pequenas acções de melhoria realizadas de forma sistemática, com a colaboração de todos os envolvidos, levam a ganhos consideráveis.

O procedimento de implementação de Trabalho Normalizado é um processo pesado pois implica o envolvimento de todos os responsáveis e obriga ao acompanhamento regular e próximo por todos os responsáveis pela secção em causa. Contudo é um pequeno preço para o aumento sustentado de estabilidade, transparência, eficiência e qualidade.

5 Projecto de uma nova CC – Engenharia Simultânea

5.1 Introdução

A inovação é um dos elementos fundamentais para o sucesso de uma empresa. Inovar implica introduzir alterações a nível do produto e a nível dos processos. Todas estas alterações têm de ser feitas com base em dados científicos mas também na experiência. Há necessidade de saber lidar com as implicações que uma inovação implica, sabendo adaptar o processo e resolver as dificuldades do processo.

Durante o desenvolvimento de um novo produto, houve necessidade de encontrar uma solução que cumprisse os requisitos impostos pelos clientes e que fosse exequível de forma eficiente, permitindo uma produção em série. Este novo produto inclui um sensor, que introduz vários passos adicionais na sua produção. Foi necessário testar várias soluções técnicas tanto para a forma dos novos componentes, como o meio através dos quais estes serão fabricados e montados, em conjugação com todas as operações necessárias para o fabrico de qualquer Câmara de Combustão

O encontro de uma solução final válida foi conseguido através do estudo, prototipagem, teste, análise e validação de várias soluções até se encontrar a solução mais adequada. No final deste projecto encontrou-se uma boa solução, com todas as especificações técnicas necessárias.

5.2 Capacidade de um processo

Quando se tem um processo produtivo, é necessário saber se os meios existentes são capazes de realizar a sua função, cumprindo as tolerâncias que lhe são exigidas. Não se pode exigir peças produzidas com toleranciamento muito apertado, se o equipamento escolhido apresentar grande variabilidade, e uma parte importante das peças não cumprir os requisitos. Há duas formas possíveis de verificar se um processo é capaz de executar as peças com as tolerâncias exigidas.

Uma das hipóteses é verificar peça a peça, após o seu fabrico, uma medida pouco prática, dispendiosa. Outra hipótese será recolher uma amostra das peças produzidas. Contudo, não basta que todos os elementos da amostra se encontrem dentro da especificação, para se concluir que nenhuma peça irá surgir fora dos limites. É necessário efectuar um estudo da capacidade do processo.

A capacidade de um processo, C_p , pode ser traduzida como a probabilidade de um processo de fabrico de produzir peças dentro das tolerâncias. Tendo como base os valores de uma amostra das peças produzidas por um processo, a forma de cálculo da C_p é a apresentada na equação 5.

$$C_p = \frac{T}{6s} \quad (5)$$

Em que “ T ” é a tolerância e “ s ” a estimativa do desvio padrão.

O C_p dá-nos portanto a precisão de um processo.

Contudo, utilizar apenas o C_p , não é suficiente, uma vez que o processo pode estar a produzir peças dentro da especificação e encontrar-se descentrado (maior parte dos valores encontrar-

se acima ou abaixo do valor central). Se quisermos ter em conta também a exactidão de um processo, deveremos utilizar o Cp_k (equação 6).

$$Cp_k = (1-k) Cp \quad (6)$$

O factor “k” é dado pela equação 7.

$$k = \frac{|a|}{T/2} \quad (7)$$

Em que “a” é o desvio da média dos valores da amostra do valor nominal.

Os valores mínimos recomendados de Cp e Cp_k , para processos novos e parâmetros críticos, segundo a bibliografia consultada são de 1.67 (Cabral, 2004).

5.3 Estudo do caso

Durante a minha permanência na Bosch Termotecnologia, estive em contacto com um projecto de uma nova CC que está a ser estudada e se encontra em fase de prototipagem e ensaios funcionais. Uma das alterações introduzidas relativamente a modelos anteriores, é a inserção de um novo sensor, que estaria localizado num troço de uma das serpentinas. Surgiu então a necessidade de estudar a melhor solução técnica para a sua colocação.

Para que o sensor pudesse ser introduzido, era necessário que durante o processo de fabrico das Câmaras de Combustão, a serpentina fosse furada e montado aí um casquilho, no interior do qual seria montado o sensor. No Anexo J encontra-se uma representação gráfica da máquina concebida para a execução do furo. As figuras 25 e 26 contêm uma representação da localização e da configuração do casquilho.

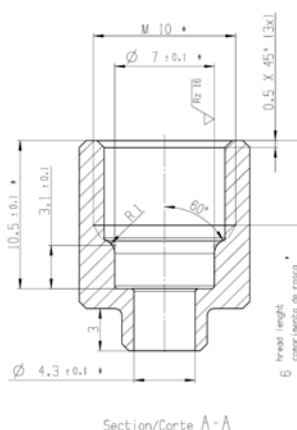
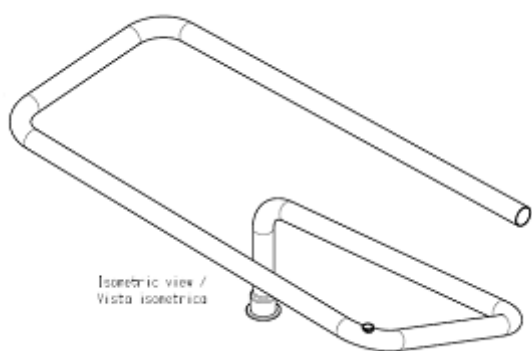


Figura 26 – Localização do furo para o sensor

Figura 25 – Desenho inicial do casquilho

O processo de fabrico desta nova CC apresentava apenas 3 diferenças relativamente a qualquer outra referência de CC

- (i) Furar a serpentina na zona indicada;
- (ii) Colocar o casquilho na posição com pasta de solda antes do forno;

(iii) Tamponar o casquilho para se proceder ao teste de estanqueidade e destapar.

Durante a produção de uma série de algumas CC protótipos foram detectados as seguintes dificuldades:

- (i) Com a realização do furo utilizando uma broca convencional, a inclinação e a dimensão do furo apresentavam alguma variação;
- (ii) Acumulação de limalha resultante da realização do furo, no interior da serpentina;
- (iii) Por vezes, o casquilho saltava da sua posição durante o seu fabrico;
- (iv) A obturação do casquilho para a realização do teste de estanqueidade, com os meios disponíveis, era um processo com elevado tempo de ciclo.

Para se proceder ao teste de estanqueidade, a melhor solução encontrada foi adquirir um equipamento concebido especificamente para esta tarefa, que pudesse realizar o teste tapando o orifício do casquilho.

Para a realização do furo foi estudada a hipótese do mesmo ser realizado por uma broca *Flowdrill*[®] utilizada no fabrico de componentes de painéis solares, na Bosch Termotecnologia. Trata-se de uma broca cónica, de baixo comprimento, o que garante uma baixa oscilação, e consequente bom controlo das dimensões do furo, e que apresenta relevos microscópicos, responsáveis pela furação. Devido a estes relevos, um furo realizado por este processo não apresenta limalha, formando o material excedente, um pequeno rebordo (figura 27).



Figura 27 – Aspecto de um furo realizado com broca Flowdrill

O diâmetro nominal para o furo seria de 6 mm. Contudo, para esta broca, o diâmetro utilizado na Bosch Termotecnologia apresenta um diâmetro nominal de 6.2 mm. Era desejável que a broca utilizada apresentasse o mesmo diâmetro, pois a encomenda de uma broca de dimensões diferentes implicaria um investimento considerável, que seria de evitar.

A solução passava por alterar o diâmetro do casquilho, e verificar se o nosso processo de realização dos furos apresentava capacidade para produzir furos dentro da especificação.

Realizou-se um ensaio funcional onde foram efectuados 50 furos em serpentinas de diâmetro de 13 mm e 50 furos em serpentinas de diâmetro de 15 mm (os dois diâmetros utilizados em toda a gama de CC), sendo medido depois o seu diâmetro com recurso a calibres cilíndricos. A máquina concebida para a realização do furo na serpentina encontra-se representado no anexo J.

Os resultados obtidos no ensaio funcional encontram-se descritos na tabela 4.

Tabela 4 – Resultados do ensaio funcional (valores em mm)

Tubo Φ 13 mm		Tubo Φ 15 mm	
n	50	n	50
máx	6,200	máx	6,200
min	6,050	min	6,100
R	0,150	R	0,100
Xmed	6,136	Xmed	6,1500
S	0,0336	S	0,0226

Os valores de especificação utilizados são os descritos na tabela 5.

Tabela 5 – Valores de especificação

LSE (limite superior de especificação)= 6,300
Valor Nominal= 6,100
LIE (limite inferior de especificação)= 5,900

Os valores de C_p e C_{pk} obtidos constam na tabela 6.

Tabela 6 – Valores de C_p e C_{pk}

Tubo Φ 13 mm		Tubo Φ 15 mm		Valores Médios	
C_p =	1,99	C_p =	2,95	$C_{p\text{médio}}$	2,47
C_{pk} =	1,63	C_{pk} =	2,21	$C_{pk\text{médio}}$	1,92

Pelo que se pode concluir que o processo tem capacidade para produzir peças dentro da especificação desejada. Deste modo o problema do furo encontrava-se resolvido. Restava ainda encontrar uma solução que impedisse o casquilho de saltar depois de colocado no seu local. Pretendia-se que o casquilho e o furo apresentassem um bom ajuste, mas deveria ao mesmo tempo assegurar que tal ajuste pudesse ser feito manualmente, pois durante a produção, o casquilho será colocado pelos operadores.

Pensou-se então num casquilho com entrada cónica, com o diâmetro maior, superior ao diâmetro do furo, seguido de uma gola, ou seja uma zona de diâmetro menor. Pretendia-se que tubo se deformasse elasticamente durante a passagem da zona cónica, recuperando depois elasticamente na gola, ficando desta maneira fixo até ser soldado no forno. O valor da

inclinação cónica, não deveria ser no entanto muito elevada, para permitir a sua recuperação elástica. Foi estudada uma solução alternativa, semelhante, com a entrada cónica escalonada, com vários diâmetros.

Procedeu-se à execução destes casquilhos, com vários valores de diâmetros e inclinações de forma a testar a melhor solução.

Após a execução destes casquilhos chegou-se à conclusão que a solução passaria por um entrada cónica simples, com baixa inclinação (cerca de 6°), tendo-se obtido os valores das dimensões que apresentavam melhor resultado (figura 28).

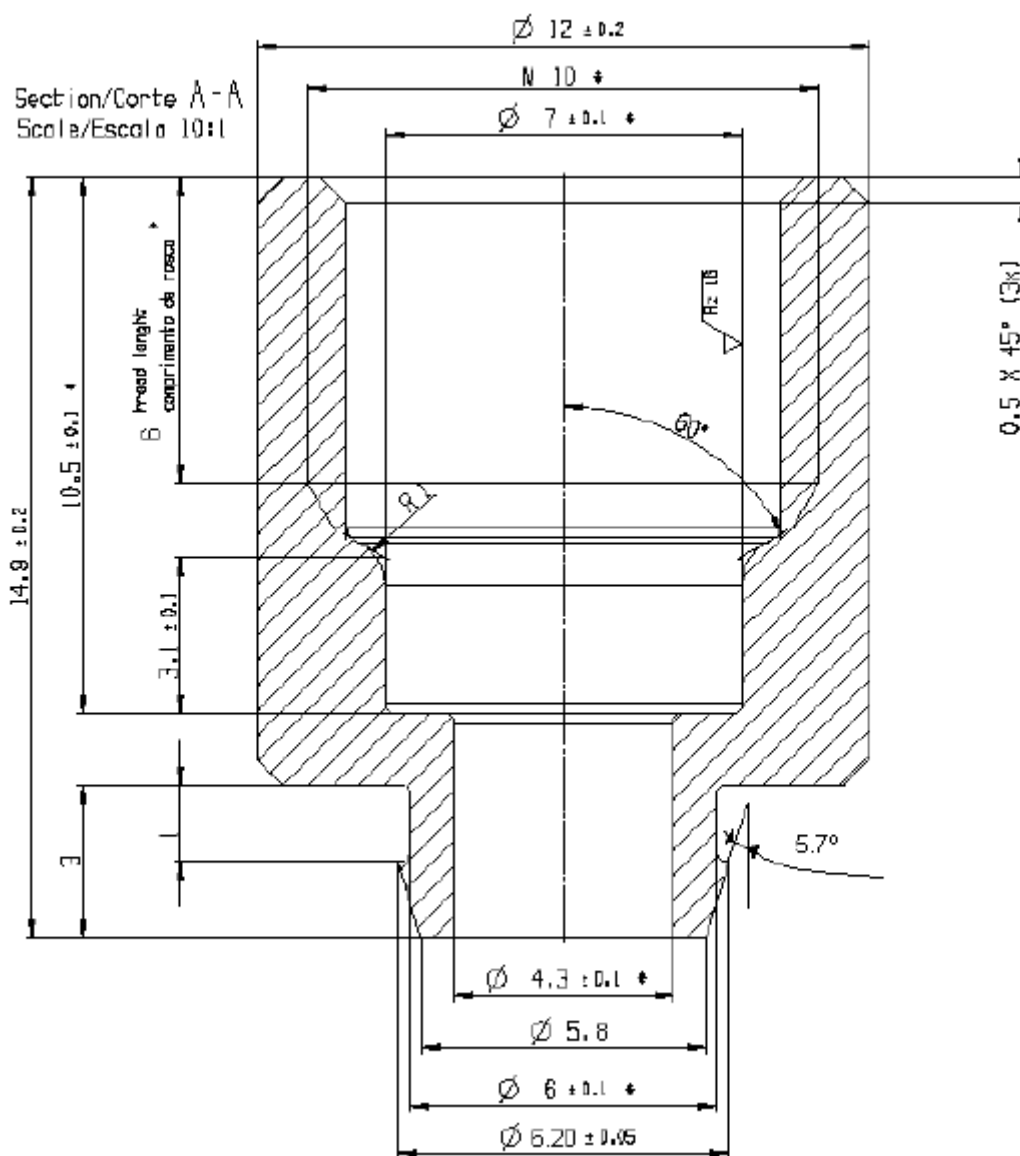


Figura 28 – Solução final de casquilho utilizada

Algumas das configurações de casquilhos testadas encontram-se representadas no Anexo I.

Após se ter encontrado uma solução válida foi feita a especificação da peça, e enviada para a produção de uma pequena série piloto. Após estas peças terem sido produzidas, foi feito um ensaio funcional, para que a resolução de todos os problemas detectados anteriormente pudesse ser avaliada. No final deste ensaio foi possível verificar que:

- (i) Os casquilhos poderiam ser montados manualmente, não saindo mais de posição;
- (ii) A posição dos casquilhos após soldadura era a ideal;
- (iii) Não havia acumulação de limalha no interior da serpentina.

Esta série de CC, depois de devidamente testada e verificada, foi enviada para a montagem, para se poder testar os novos aparelhos baseados nesta CC.

Com as alterações que foram introduzidas, a secção encontra-se apta a produzir estas novas câmaras de combustão, de acordo com as especificações, em série.

5.4 Conclusão

Este projecto surgiu com o planeamento de um novo produto da empresa. Do ponto de vista da secção de Câmaras de Combustão, este novo produto requeria a inclusão de um sensor durante o processo de fabrico da CC.

Foi necessário conceber uma solução técnica para a execução deste componente e sua montagem. Esta solução teve de cumprir os requisitos impostos, e resolver as questões inerentes que o seu fabrico incluía tais como problemas de montagem, de fluxo e de garantia de qualidade. Para se encontrar a solução final foi necessário recorrer ao estudo de uma solução, teste da mesma e melhoria até se conseguir o resultado pretendido.

Depois da realização destes procedimentos, e tendo como base a informação recolhida, foi possível especificar uma solução final técnica do componente e outra processual de modo a que a fase de estudo e teste está dada como terminada e a produção deste novo produto terá início brevemente.

6 Pequenos projectos de melhoria contínua

6.1 Introdução

Nesta secção do projecto será feita uma breve descrição de vários projectos que foram iniciados através de um sistema através do qual os colaboradores sugerem melhorias que possam ser implementadas no local de trabalho.

Este processo implica a triagem e análise de todas as acções, a sua especificação, contacto com os fornecedores e sua discussão e por último a sua implementação.

No âmbito ainda de projectos de melhoria contínua há lugar ainda para uma alteração de Layout de uma zona da secção, que foi concebida para melhoria dos fluxos de trabalho.

Em todo o projecto, o último passo (a implementação), por motivos de questão orçamental não foi possível realizar, mas foi possível obter no final, um conjunto de projectos totalmente especificados, definidos e orçamentados, prontos a serem implementados logo que possível.

6.2 CIP – Continuous Improvement Process (Processo de Melhoria Contínua)

A melhoria contínua é um dos princípios BPS, e é um mecanismo necessário para o sucesso de qualquer empresa. Uma empresa de sucesso tem de se superar constantemente inovando ao nível de produtos e de processos, produzindo cada vez melhor, mais eficientemente, de forma mais rápida, com gradual diminuição dos custos e com maior qualidade. Esta superação é cada vez mais difícil, e os ganhos cada vez menores exigem maiores esforços. Em empresas que desde há muito tempo aplicam eliminações de desperdícios, concentrando as acções nos processos, a melhoria dos mesmos não pode ser conseguida através de grandes acções. É o conjunto de muitas acções de melhoria de pequena dimensão que permitem a melhoria contínua dos processos, resultando numa evolução favorável dos resultados.

Todo este projecto foi pautado pela especificação, execução e implementação de pequenos projectos de melhoria contínua. Muitos dos projectos de melhoria contínua foram já abordados no âmbito de outros temas (como o TPM ou o Trabalho Normalizado). Muitas outras melhorias foram realizadas no imediato, não sendo necessário a utilização de recursos adicionais.

Uma verdadeira melhoria é aquela que não consome recursos e permite economizar recursos, quer sejam materiais ou humanos. Uma melhoria “É aquela que pode ser implementada no imediato (duas semanas é demasiado tempo para uma melhoria). Devemos planear tudo mas não esperar infinitamente pela solução ideal” (Rother, 2007). Ao planear e executar uma acção de melhoria, não esperar pela solução óptima é uma boa prática. De facto, uma solução boa é um bom ponto de partida para que se possa implementar uma acção, verificar o seu efeito e melhorar esta solução com a prática.

Os projectos de melhoria contínua são resultantes do esforço de todos os indivíduos que constituem uma empresa, pois uma melhoria pode surgir em qualquer local, sugerida por qualquer um. Nenhuma acção deve ser posta de lado devido à sua origem. Todas as acções de melhoria merecem o mesmo tratamento e envolvimento. Para incentivar a participação de todos os colaboradores no processo de melhoria contínua a Bosch Termotecnologia implementou-se um sistema de sugestões.

6.3 Sistema de Sugestões

Através do sistema de sugestões, todos os colaboradores podem efectuar sugestões de melhoria dos equipamentos, condições de trabalho e fluxos de processo, e no caso de a sugestão ser pertinente e implementada, serão atribuídos alguns pontos ao autor da sugestão. Os pontos poderão depois ser trocados por produtos Bosch para uso pessoal.

É um sistema que visa sobretudo o aumento da motivação dos colaboradores e um incentivo ao seu empenho e colaboração. Se muitas das sugestões não apresentam melhoria significativa, não sendo por esse motivo aprovadas, algumas das sugestões apresentam melhorias para o próprio operador (maior iluminação, facilidade de acesso a alguma ferramenta, melhorias ergonómicas). Uma pequena parte das sugestões apresentam claras medidas de melhoria, sendo o exemplo mais frequente, acções que permitem a diminuição do tempo de troca de ferramentas, diminuindo este factor de perdas.

É necessário portanto realizar uma sequência de triagens para se conseguir distinguir das acções que devem ser implementadas das restantes.

As sugestões são efectuadas pelos colaboradores por escrito e são analisadas em primeiro lugar pelo chefe de secção correspondente. Acções que possam ser executadas internamente pelo Dep. de Manutenção são imediatamente solicitadas. Outras acções podem ser implementadas pelos responsáveis de produção. Muitas destas melhorias podem ser implementadas imediatamente sem recursos adicionais.

A segunda triagem é realizada pela responsável do sistema de sugestões da Bosch Termotecnologia que encaminha todas as que são aprovadas para o respectivo Departamento de Produção.

Assim que as acções foram entregues ao Dep. de Produção, procedeu-se a uma deslocação aos locais a que as sugestões se referiam para observar do que se tratava e discussão com os autores sobre o que era necessário realizar. É necessário realizar uma “tradução” entre o que foi escrito e o que é pretendido. Após esta discussão, caso a sugestão se mostrasse válida, foram elaboradas pequenas especificações técnicas, descrevendo o que era pretendido, o equipamento a ser alterado, com esquemas ou fotografias do equipamento em questão e se possível uma previsão da situação pretendida, e os fornecedores capazes de executar as respectivas acções.

Estas especificações são enviadas para o Dep. de Compras que por sua vez é responsável pelo envio para os diversos fornecedores. Para a fase de orçamentação é sempre necessária uma deslocação dos fornecedores à empresa. Aos fornecedores foi explicado detalhadamente o que era pretendido, no local onde a acção irá decorrer. Foi discutido com os fornecedores as várias possibilidades de execução de uma acção, de forma a encontrar a melhor maneira de cumprir os requisitos necessários.

Os diversos orçamentos são enviados para o Dep. de Compras que selecciona o orçamento com base no menor valor do binómio preço - tempo de execução. Esta decisão tem de ser validada pelo Dep. de Produção. No caso de haver soluções de maior valor, mas mais adequadas ao pretendido, poderão ser escolhidas desde que justificado pelo Dep. de Produção. Depois de validada a acção será então implementada no local de trabalho. Esta última fase de implementação das acções não se realizou durante este projecto devido a contenções orçamentais da secção.

Todas as acções foram devidamente especificadas, discutidas e orçamentadas. Cada uma encontra-se devidamente documentada, para que quando possível possa ser executada à luz do novo orçamento que será disponibilizado para o ano de 2009.

6.4 Exemplos de sugestões analisadas

Para uma melhor visualização de todo o processo, irão ser apresentados alguns exemplos de sugestões efectuadas e especificadas para melhor compreensão de todo o processo. Não irão ser apresentadas todas as sugestões por não significarem valor acrescido, uma vez se tratarem de situações semelhantes às descritas (em termos de processo de concepção e objectivos das melhorias) ou de menor relevância.

6.4.1 Alteração do sistema de verificação do nível do óleo

Neste momento, o sistema de verificação do nível do óleo da prensa encontra num local de má visibilidade sendo muito difícil a sua verificação. Propõe-se a introdução de um sistema de verificação visual, constituído por um tubo e uma bóia, no reservatório do óleo conforme as figuras 29 e 30.

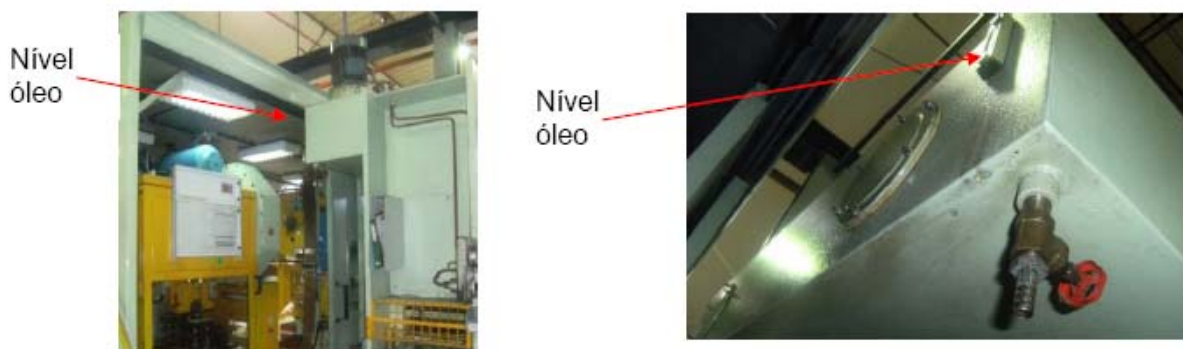


Figura 29 – Sistema de verificação do óleo existente na secção



Figura 30 – Exemplo de sistema de verificação do óleo pretendido

6.4.2 Alteração do Sistema de Fixação do Cabeçote

O sistema de mudança de ferramenta no local em questão (figura 31), implica a troca do cabeçote que se encontra fixo através de quatro parafusos roscados. O tempo necessário para a mudança de ferramenta poderá ser diminuído se os 4 parafusos roscados forem substituídos por um sistema de mudança rápida de ferramenta que garanta a mesma fixação.

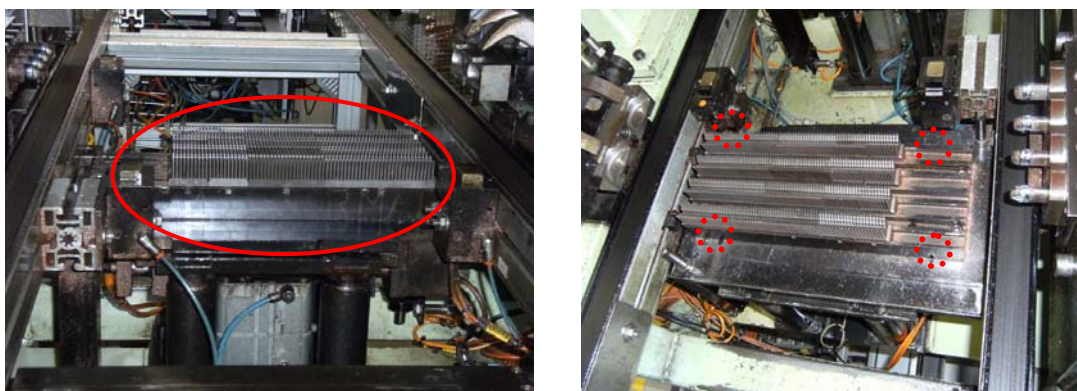


Figura 31 – Ferramenta alvo de alteração do sistema de fixação

6.4.3 Alteração dos desenroladores

Nos desenroladores de tubo de cobre existentes na secção (figura 32), o contacto entre as últimas voltas de tubo com os apoios dos desenroladores provoca deformação no tubo originando peças fora de especificação que não podendo ser recuperadas têm como o destino a sucata. No sentido de diminuir a sucata obtida, sugere-se o aumento da área dos apoios circulares dos desenroladores de forma a diminuir a deformação provocada no tubo.

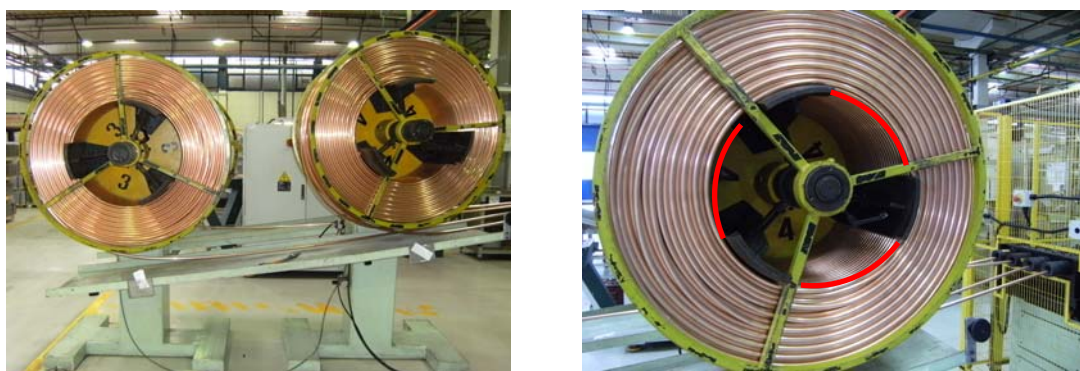


Figura 32 – Desenroladores existentes na secção

6.5 Alteração de Layout

Após a saída dos fornos, as CC sofrem um conjunto de etapas a que internamente se designam por acabamentos. No forno da linha automático que produz sempre a mesma referência, os acabamentos são executados em linha com o forno, ou seja, mal um CC sai do forno sofre a passagem pelos acabamentos. Foi na zona de acabamentos de este forno que esta alteração de Layout incidiu.

Os chamados acabamentos incluem: retirada dos gabaritos, inspecção visual, marcação do turno responsável pelo fabrico, deformação de uma zona da serpentina (para colocação posterior de um sensor), teste de estanqueidade, e colocação num meio logístico para transporte. Uma câmara será enviada para reparação após terem sido detectadas irregularidades numa das 3 etapas: retirada dos gabaritos, inspecção visual e teste de estanqueidade. Após uma CC ter sido reparada, enfrenta as restantes etapas a partir do ponto onde o ciclo foi repetido, incluindo a etapa onde foi detectada a não conformidade. Esta situação implica duas situações: a mesma CC poderia sofrer até 3 reparações e existência de contra-fluxos, ou seja, CC e operadores a circularerem para trás e para frente. A existência de

contra – fluxos é algo a evitar ao máximo, pois dificulta as tarefas dos trabalhadores, e poderá originar trocas de CC.

Assim surgiu a necessidade de alterar a disposição das diferentes operações produtivas de forma a eliminar os contra – fluxos.

As principais considerações a ter em conta foram:

- (i) CC só seriam reparadas após sofrerem todos os passos de inspecção;
- (ii) Restringir contra – fluxos ao mínimo necessário;
- (iii) Facilitar rotação entre postos, salvaguardando espaço entre operadores;

A primeira alteração que se impunha era acabar com as reparações repetidas para a mesma CC. Assim, se uma não conformidade era detectada, era assinalada, e continuava o seu trajecto até que todas etapas estivessem cumpridas (exceptuando colocação no meio de transporte). Se mais alguma não conformidade fosse detectada seria assinalada para ser alvo de reparação simultaneamente com a(s) outra(s) detectada(s). A CC seria então reparada, passaria novamente pelo teste de estanqueidade (obrigatório para confirmação de reparação bem efectuada) e estaria pronta a ser expedida para outra secção. Esta mudança impunha que a cabine de soldadura onde a CC fosse reparada se situasse próximo da banca de testes de estanqueidade e da zona de expedição.

Para a redução dos contra-fluxos e melhor rotação dos operadores entre postos, abandonou-se a disposição inicial dos equipamentos em linha e adoptou-se uma disposição em célula. Esta disposição permite que as CC circulem sempre no mesmo sentido, assim como os operadores.

Após várias iterações de desenho, estudo e análise, foi encontrada uma solução adequada ao pretendido. A figura 33 contém uma representação gráfica da situação inicial (em cima) e a solução a implementar (em baixo)

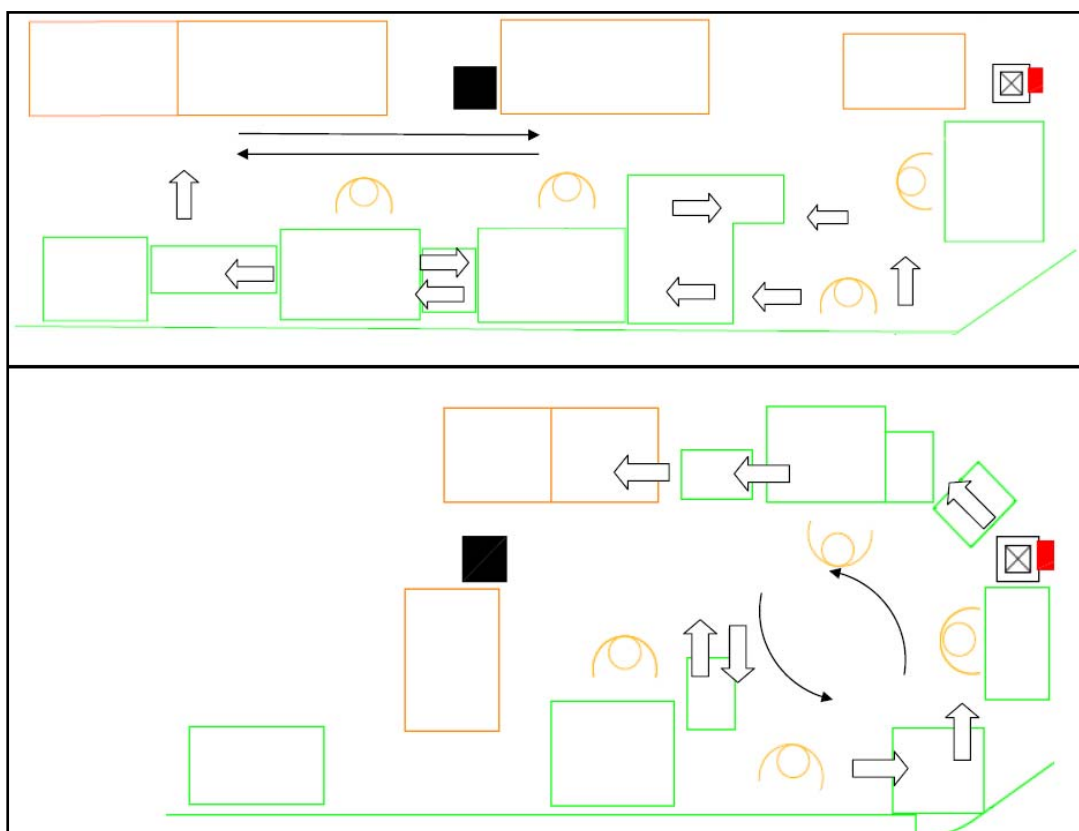


Figura 33 – Layout inicial (em cima) e final (em baixo)

Após a solução final ter sido validada, foi necessário proceder a uma especificação de projecto com a descrição das alterações necessárias para orçamentação e posterior execução.

As principais alterações necessárias são:

- (i) Alterações das ligações dos equipamentos à rede (ligações eléctricas, pneumáticas, hidráulicas e de sistemas de exaustão de gases);
- (ii) Adaptação e execução de alguns equipamentos de apoio (mesas e tabuleiros);
- (iii) Alteração da disposição dos equipamentos.

Esta especificação encontra-se devidamente documentada e orçamentada aguardando implementação em altura considerada apropriada.

6.6 Conclusão

O sistema de sugestões visa aumentar a satisfação pessoal dos colaboradores da empresa, sendo que algumas das sugestões apresentam claras melhorias para o processo reduzindo desperdícios (quer sejam desperdícios de tempo quer de material). Durante este projecto foi realizada a triagem e concepção dos projectos associados às sugestões.

Para implementar estas acções de melhoria é necessário realizar primeiro uma triagem para seleccionar aquelas que merecem ser implementadas devido aos resultados que poderão originar, e compreender qual é o efeito que se pretende com determinada sugestão. Muitas das vezes, a explicação é muito básica, com um simples pedido de resolução de determinado problema, sem indicação da solução.

É necessário efectuar uma deslocação até o local a que se refere o projecto, a fim de se poder observar qual é o problema ou aquilo que pode ser melhorado. É feita uma discussão com o autor da ideia para definir os principais problemas e sua resolução, tendo em conta as implicações que a melhoria poderá ter no trabalho da equipa produtiva. Uma pequena especificação de projecto é elaborada com a descrição da situação existente e melhorias a introduzir com as soluções técnicas que poderão ser utilizadas.

A especificação do projecto é enviada para fornecedores com capacidade para executar tal acção, que se deslocam até à secção produtiva com o propósito de avaliar e orçamentar o projecto em questão e discutir possíveis soluções técnicas alternativas às inicialmente propostas.

Após a recepção dos vários orçamentos, é escolhida a mais adequada para que possa ser implementada.

7 Conclusão e trabalhos futuros

Uma parte significativa do esforço desenvolvido ao longo de todo o projecto foi dispendido na redução da variabilidade associada ao fabrico das câmaras de combustão. A variabilidade afecta produtos, processos, equipamentos e pessoas e é indesejável por aumentar a instabilidade dos processos.

No sentido de reduzir a variabilidade ao nível dos equipamentos, foi dada continuação ao projecto de implementação da Manutenção Preventiva Total, consolidando todas as etapas já percorridas e avançando o processo de maturação. No sentido da consolidação das etapas já iniciadas, foi feito um acompanhamento contínuo dos equipamentos, atacando os maiores factores de indisponibilidade dos mesmos, procurando as suas causas e eliminando-as. Além de eliminar as causas dos problemas detectados, decidiu-se prevenir a aparecimento das mesmas. Assim, implementou-se a realização de circuitos de manutenção, inspecção e limpeza, realizados pelos operadores dos equipamentos, de uma forma regular e normalizada. Este procedimento implicou a criação de meios e acessibilidades para os operadores terem condições de realizar as tarefas de manutenção de forma simples e rápida. Foi realizada formação aos colaboradores por profissionais técnicos para que a realização dos circuitos de manutenção decorra de forma autónoma por parte dos colaboradores.

Durante o decorrer do projecto TPM foi possível verificar que os colaboradores pertencentes ao projecto demonstram uma motivação e autonomia superiores em relação a colaboradores de outras secções onde ainda não foi implementado o TPM. Segundo Robert Hansen “A contribuição de uma equipa produtiva motivada, bem treinada e flexível para o sucesso de uma companhia é imensurável” (Hansen, 2001). Esta afirmação pode ser confirmada verificando que os operadores da linha onde foi implementado o projecto de Manutenção Preventiva Total dedicam um grande acompanhamento aos equipamentos detectando pequenas inconformidades nos mesmos, reparando-as ou comunicando ao respectivo responsável caso não possuam capacidades/meios para efectuar a reparação, antes que estas pequenas não conformidades levem a uma avaria grave. Este comportamento reflecte-se no aumento de forma sustentada dos níveis de disponibilidade dos equipamentos.

Este aumento de disponibilidade reflecte-se no OEE, um indicador de produtividade utilizado. No entanto, após a consulta de alguma bibliografia, penso que seria útil a utilização de um outro indicador: o TEEP (Total Effectiveness Equipment Performance ou Produtividade Efectiva Total do Equipamento). O TEEP é obtido afectando o OEE por um factor de utilização, que tem em conta a fracção de tempo planeada, em face do disponível.

Quanto maior for o nível do OEE, maior é o esforço necessário para obtenção de melhoria. Verifica-se actualmente que dos três indicadores constituintes do OEE, o factor Disponibilidade é o mais baixo, e logo aquele com maior margem para progressão. É possível obter taxas de disponibilidade muito próximas de 100 % se for dispendida uma parte considerável do tempo disponível para a realização de tarefas de manutenção e inspecção. No entanto, com esta opção compromete-se o tempo disponível para a produção, que é o factor essencial para uma fábrica e implica um aumento dos custos de produção. A contrapartida de um OEE elevado serão custos acrescidos associados ao aumento da manutenção e diminuição da produção (caso seja necessário parar produção para realizar manutenção). Assim um OEE muito elevado poderá não ser benéfico. O TEEP surge no sentido de medir a eficiência da utilização dos recursos disponíveis. Ao contrário do OEE, o TEEP tem em conta todas as paragens programadas (manutenção preventiva, paragens planeadas e intervalos de produção)

para a medição da eficiência dos equipamentos relativamente a todo o tempo disponível. Assim seria possível avaliar de forma correcta os benefícios de um OEE elevado.

Ainda relativamente ao TPM, penso que seria útil uma maior partilha das acções desenvolvidas pelas diversas secções no âmbito do TPM. Assim, uma acção que resolva um problema concreto poderá ser utilizada num problema similar noutra secção. A partilha de informação entre secções ocorre de forma informal, entre colaboradores e chefes de secção. Apesar de toda a informação se encontrar disponível, penso que seria útil se existisse uma base de dados só com acções desenvolvidas para resolução de problemas para partilha e discussão comum.

Todos os recursos dispendidos para recuperar CC que não apresentam a qualidade desejada são desperdício pois não acrescentam valor adicional e não existiriam se todas peças produzidas apresentassem um nível de qualidade de 100%. A não qualidade é um efeito da variabilidade do processo. Para reduzir a variabilidade das peças produzidas foi necessário implementar peças modelo (ou standard) que são replicadas por todos os operadores. Um peça standard é uma peça cuja configuração apresenta melhores resultados quando conjugada com todas os outros componentes que constituem o produto final. A implementação de standards implicou um processo contínuo de observação dos factos, recolha de dados e planeamento de acções de melhoria, implementação das acções, verificação dos resultados e normalização (adopção das acções tomadas e validação). Este procedimento é o chamado ciclo *PDCA*. A implementação de standards revelou-se um processo algo moroso mas eficaz. Devido à forte componente humana associado ao processo de fabrico de CC e à existência de muitos factores, todo o processo apresenta grande variabilidade de difícil controlo. Foi necessário, além de modificações nos componentes produzidos, realizar intervenções em máquinas e ferramentas e proceder à alteração do comportamento humano. Foi necessário alterar os procedimentos existentes durante o fabrico dos componentes de modo a tornar o processo mais estável. As acções de melhoria tiveram de ser realizadas individualmente de forma a poder avaliar o efeito de cada acção, processo longo mas que levou a uma redução da variabilidade e aumento da qualidade dos nossos produtos.

No processo de implementação de standards penso que seria vantajoso considerar um outro indicador. Actualmente, cada defeito de fabrico é contabilizado individualmente. Isto significa que uma CC poderá contribuir com vários defeitos, não permitindo saber quantos produtos sem um único defeito foram produzidos. Neste sentido penso que seria necessário implementar um indicador que medisse o nº de CC que não apresentaram qualquer defeito. Este indicador pode ser útil na detecção de uma relação entre os vários defeitos detectados, ou seja, saber se a existência de determinado defeito potencia o surgimento de novos defeitos.

A implementação do Trabalho Normalizado teve também uma importante contribuição para a redução da variabilidade com consequente aumento da qualidade, eficiência e sobretudo um aumento de transparência do processo, tornando-os mais fáceis de gerir. Um processo transparente permite detecção precoce de problemas e desperdícios e sua eliminação. A sua implementação obriga a um acompanhamento contínuo, por parte de todos os envolvidos com uma procura diária de melhoria. Além de uma alteração do comportamento dos colaboradores e dos responsáveis, a implementação do trabalho normalizado implicou uma modificação do sistema de gestão dos vários produtos, componentes, ferramentas e meios logísticos associados. Este processo implicou uma necessidade de melhoria contínua pois foi alvo de várias alterações à medida do seu amadurecimento contribuindo para um aumento contínuo de eficiência.

Nos vários projectos desenvolvidos, um ponto comum foi a melhoria contínua e a implementação de pequenas acções de melhoria, quer surgissem no âmbito do TPM, implementação de standards e trabalho normalizado ou simplesmente sugestões dos colaboradores. Algumas destas medidas revelaram-se muito úteis. No entanto este processo de

implementação de pequenas melhorias deve ser mais dinâmico. Neste momento o processo é muito lento encontrando muitos obstáculos à sua implementação, e quando finalmente é executado, o seu efeito surge diminuído por não ter sido implementado logo que necessário. As acções que não podem ser realizadas utilizando os recursos internos, têm de ser executadas com recurso a fornecedores externos. Contudo, por vezes as acções realizadas internamente podem ter um prazo de implementação maior do que aquelas realizadas externamente. Os pedidos de execução de acções de melhoria não são considerados prioritários e por esta razão são colocados de parte indefinidamente. Muitas destas acções exigem baixos recursos e custos tendo no entanto um grande efeito. Penso que se fosse designado um profissional cuja prioridade fosse a execução destas acções de melhoria, o processo de melhoria contínua iria evoluir, funcionando de uma forma mais sistemática, rápida e produtiva permitindo que se avançasse mais na busca da redução dos desperdícios existentes.

Relativamente ao sistema de sugestões em si, muitas sugestões que são aprovadas para implementação acabam por não o ser por não serem prioritárias ou a sua implementação é sucessivamente adiada e os colaboradores não as vêem implementadas. Logo aquando a triagem, deveria ser estabelecida uma sequência das sugestões a implementar consoante a prioridade e realizar aquelas que são necessárias em primeiro lugar. Simultaneamente os colaboradores deveriam ser informados sobre as acções mais importantes implementadas. Deveria existir um local com a descrição de melhorias sugeridas por colaboradores cuja contribuição tivesse sido benéfica para a empresa e o respectivo autor. Os prémios (no caso das sugestões, pontos) deveriam reflectir a utilidade da sugestão para a empresa. Desta forma incentivava-se os colaboradores a explorarem mais as possibilidades de melhoria, pensando de uma forma mais global, do ponto de vista da linha ou secção em vez de se concentrarem apenas no seu posto de trabalho e de efectuarem as sugestões apenas para amealhar alguns pontos sem significado.

O último tema abordado neste projecto descreve o acompanhamento de desenvolvimento de uma nova câmara de combustão. A nova CC encontrava-se já desenvolvida no que concerne às funções e requisitos. Contudo foi necessário encontrar as soluções técnicas que pudessem ser executadas utilizando os nossos recursos. Para isso realizou-se uma série de ensaios funcionais para estimar a capacidade dos nossos recursos poderem executar as tarefas com o grau de ajuste exigido.

Após detectados os problemas obtidos durante a execução das novas CC, procedeu-se ao estudo e teste de várias soluções técnicas considerando as implicações para os processos e para o produto final. Com recurso à Engenharia Simultânea realizaram-se vários protótipos das várias soluções testadas permitindo rapidamente detectar falhas e corrigi-las até se obter uma solução capaz de ser executada sem dificuldades e adaptadas às necessidades exigidas.

O projecto de desenvolvimento de uma nova CC permitiu-me perceber o funcionamento do processo de resolução de problemas de fabrico através do desenvolvimento e teste de várias soluções técnicas. Para a realização deste processo é necessário proceder a um equilíbrio entre os requisitos do cliente (neste caso representados pelo Departamento de Inovação e Desenvolvimento) e os respectivos problemas do processo produtivo. As possíveis soluções técnicas são elaboradas e discutidas por uma equipa multidisciplinar, sendo depois executadas e testadas. A escolha de uma solução em detrimento de outra é feita baseada em factos e dados recolhidos. Os dados têm de ser concretos de maneira a que se possa concluir com certeza que uma solução é melhor do que outra e as suas razões. É importante a documentação detalhada de todos os procedimentos a fim de poderem ser utilizados em situações similares que possam ocorrer em diferentes projectos.

Relativamente ao desenvolvimento de novos projectos, nota-se que há ainda um grande distanciamento entre os Departamentos de Produção e Desenvolvimento que prolonga o prazo de implementação de um projecto de um novo produto. O contacto entre ambos os

departamentos realiza-se numa fase já final dos projectos, quando deveria se realizar desde o início. Assim as especificações poderiam beneficiar da experiência da produção e a inovação do desenvolvimento, e as inovações introduzidas poderiam ser traduzidas em soluções de produção para avaliação do benefício obtido por essa inovação. O que acontece é que após o desenvolvimento de um projecto, há a necessidade de efectuar várias correcções devido à dificuldade da sua execução, prolongando o projecto. A atitude que se assiste é na base na correcção e resolução de problemas e não na sua prevenção.

Penso que se os responsáveis pelo desenvolvimento de novos projectos, disponibilizassem algum do seu tempo no acompanhamento da produção dos produtos já existentes, teriam uma sensibilidade maior para a concepção de novos projectos, e do seu valor para a empresa.

8 Bibliografia

Bamber, C.J., Sharp, J.M. and Hides, M.T. (1999), “Factors affecting successful implementation of total productive maintenance – A UK manufacturing case study perspective”, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 5 N° 3, pp. 162-181.

Bosch (2008), “Formação de introdução ao TPM”, disponível na intranet Bosch.

BrazeTec (2007), “Principles of Brazing Technology”, disponível na intranet Bosch.

Cabral, J.A. S. (2004), “Prova de agregação – Sumário de uma lição de síntese sobre Cartas de controlo Shewhart”, Porto.

Cabral, J.A.S. (2007), “Melhoria da Qualidade”-Acetatos das aulas de Gestão da Qualidade Total-MIEM 2007/08.

Hansen, Robert (2001), “Overall equipment effectiveness: a powerful production/maintenance tool for increased profits”, Industrial Press: Nova Iorque.

Kaizen Institute (2003), “Introduction to Total Productive Maintenance” – Manuais de formação Kaizen disponíveis nas instalações da Bosch Termotecnologia.

McKone, K.E., Schroeder, R.G. and Cua, K.O (2001), “The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance”, *Journal of Operations Management*, Vol.19, pp. 39-58.

Rother, Mike; “Continuous Improvement needs leadership”; Bosch Manufacturing Conference 2007; intranet Bosch

Skaggs, T. (2008), “Essential in Lean Manufacturing is The 5S Philosophy”, disponível em: http://www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/leanmfg/5sphilosophy.htm consultado em 11/10/2008.

Willmott, Peter and McCarthy, Dennis (2001), “TPM - a route to world-class performance”, Butterworth Heinemann: Oxford.

9 Anexos

Anexo A: Matriz escalonamento problemas durante montagem

Matriz de Escalonamento - Linha de Montagem



Problema \ Nível	1	2	3	4	5
<u>Problemas Técnicos</u>	Operador	Polivalente	Resp. de Área	Resp. de Área	TTPO/MOE2
Avaria de Equipamento	Imediatamente	de 0 a 10 minutos	de 10 a 60 minutos	1 a 3 horas	> 8 horas
Avaria de Ferramenta	Polivalente	Resp. de Turno Resp. de Área	Resp. Processo e Manutenção	Group Leader e TTPO/MOE2	TTPO/MG
<u>Problemas de Qualidade</u>	Operador	Polivalente	Resp. de Área	Resp. de Área	TTPO/MOE2
Qualidade de Matéria Prima	Imediatamente	de 0 a 10 minutos	de 10 a 60 minutos	1 a 3 horas	> 8 horas
Qualidade de Componentes	1 Câmara	2 Câmaras	5 Câmaras	10 Câmaras	
Sucatas	Polivalente	Resp. de Turno Resp. de Área	Resp. Processo QMM	Group Leader e TTPO/MOE2	TTPO/MG
<u>Problemas de Inventário</u>	Operador	Polivalente	Resp. de Área	Resp. de Área	TTPO/MOE2
Matéria Primas	Imediatamente	de 0 a 10 minutos	de 10 a 60 minutos	1 a 3 horas	> 8 horas
Componentes da Secção	Polivalente	Resp. de Turno Resp. de Área	Logística	Group Leader e TTPO/MOE2	TTPO/MG


Anexo B: Matriz escalonamento problemas durante Manutenção autónoma

Matriz de Escalonamento - Manutenção Autónoma




Problema \ Nível	1	2	3	4	5
Problemas de arranque após a Manutenção Autónoma	Operador	Responsável de Área	Responsável de Área	Responsável de Área	TTPO/MOE2
	de 0 a 10 minutos	de 10 a 30 minutos	de 30 a 60 minutos	1 a 3 horas	> 8 horas
	Responsável de Turno/Área	Responsável de Manutenção	Group Leader	TTPO/MOE2	TTPO/MG
Prolongamento da Manutenção Autónoma	Operador	Operador	Resp. de Área		
	de 0 a 3 minutos	de 3 a 10 minutos	de 10 a 30 minutos		
	Registo na folha "Registo diário de problemas e acções correctivas"	Responsável de Turno/Área	Coordenador TPM		

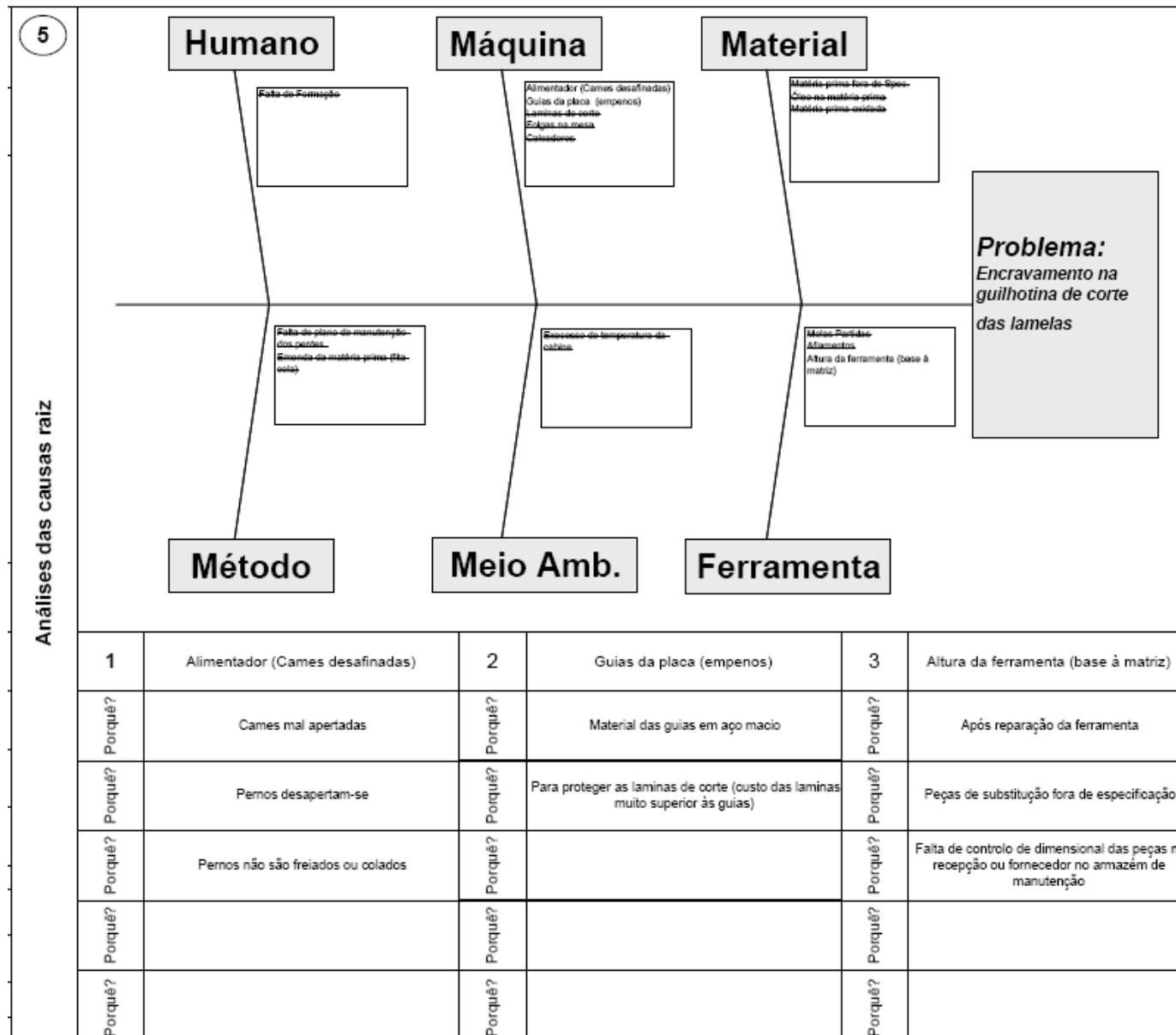
Anexo C: Instrução de Manutenção de 1º Nível utilizada antes do TPM

		MANUTENÇÃO DE 1º NÍVEL			M1-0085
					Pág. 1 de 2
SECÇÃO S842	EQUIPAMENTO PRENSA EXCÊNTRICA DE 25T				Posto nº: 51
					Nº inventário:
Nº	Acções	Meios	Period.	Obs.	
1	Limpar e arrumar o posto de trabalho		Diário	"SEM REGISTO"	
2	Verificar funcionamento da iluminação do posto		Diário	"SEM REGISTO"	
3	Verificar funcionamento de todos os interruptores e lâmpadas sinalizadoras.		Diário	"SEM REGISTO"	
4	Verificar estado das mangueiras flexíveis do hidráulico		Diário	"SEM REGISTO" Verificar se estão danificadas.	
5	Verificar existência de fugas na canalização do hidráulico		Diário	"SEM REGISTO"	
6	Verificar nível de óleo no tanque hidráulico		Diário	"SEM REGISTO" Se necessário acrescentar de acordo com o Plano de Lubrificação	
7	Verificar o estado dos manómetros de pressão do óleo.		Diário	"SEM REGISTO" Verificar se estão danificados.	
8	Verificar se existem fugas nas ligações dos tubos de distribuição do lubrificante da unidade de lubrificação centralizada.		Diário	"SEM REGISTO" Limpeza da massa excedente.	
9	Verificar o nível de lubrificante da unidade de lubrificação centralizada. Atestar se necessário de acordo com o PLANO DE LUBRIFICAÇÃO		Diário	"SEM REGISTO" Não deixar que o depósito tenha menos de 1/4 de lubrificante.	
10	Verificar a existência de fugas de ar nos componentes pneumáticos		Diário	"SEM REGISTO" Cilindros, válvulas e acessórios	
11	UTA - Verificar nível de óleo de lubrificação. Ver Instrução de manutenção 011		Diário	"SEM REGISTO" Todas as UTA	
12	UTA - Verificar a pressão de entrada. Ver Instrução de manutenção 011		Diário	"SEM REGISTO" Todas as UTA, máx. 6 bar, valor aconselhado 5 bar	
13	Limpeza das grelhas de refrigeração dos motores	Pincel ✓	Mensal	Todos os motores. limpar a grelha com um pincel	

Anexo D: Folha Resolução de Problemas

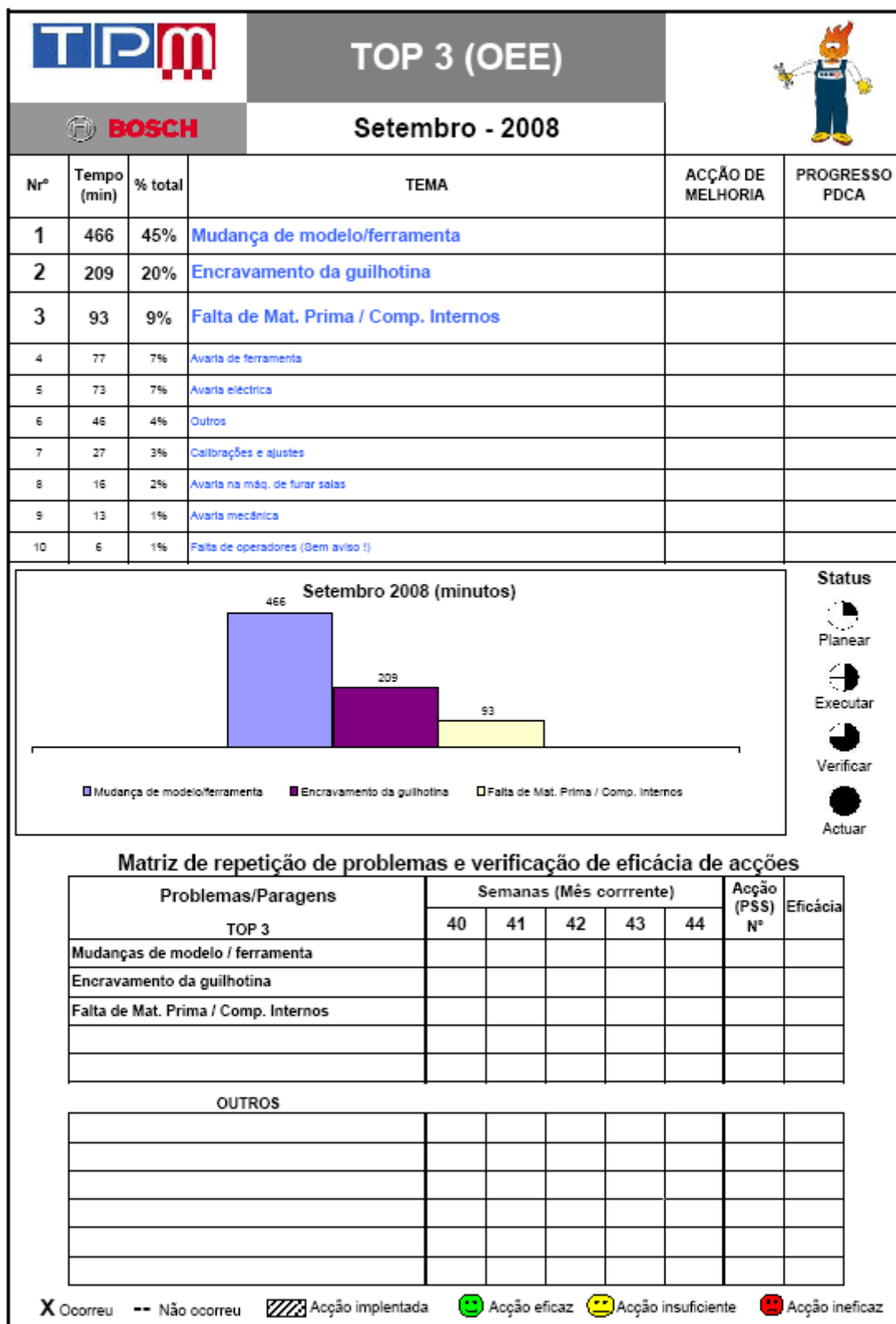
		Folha Resolução Problemas		Nº: 001-Sirmaf
1	Definição do problema	Descrição problema: Enrramento das Guilhotinas de Corte das Lamelas		
		Depart./Secção:	Câmaras de Combustão	Desenho, Foto:
		Linha/Máquina:	Sirmaf	
		Produto	Lamelas	
		Data, hora	16 de Outubro 2008	
		Turno	1 e 2	
		Operador	Equipa TPM	
		Líder da equipa		
2	Análise dos factos	Descrição:	O problema é	O problema não é
		O que é exactamente o problema?	Sucatagem de lamelas no processo de corte e guilamento de entrada das lamelas no pente	Ferramenta de corte não é problema. Parâmetros da máquina não é problema. Operadores não são o problema. Matéria prima não é problema.
		Onde ocorreu exactamente o problema?	Entrada das lamelas nos pentes	Os pentes não são problema. Placas de guilamento não são problema
		Quando ocorreu exactamente o problema?	Início do mês de Outubro 2008	NA
		Com que frequência ocorreu o problema?	Frequência diária/turno	NA

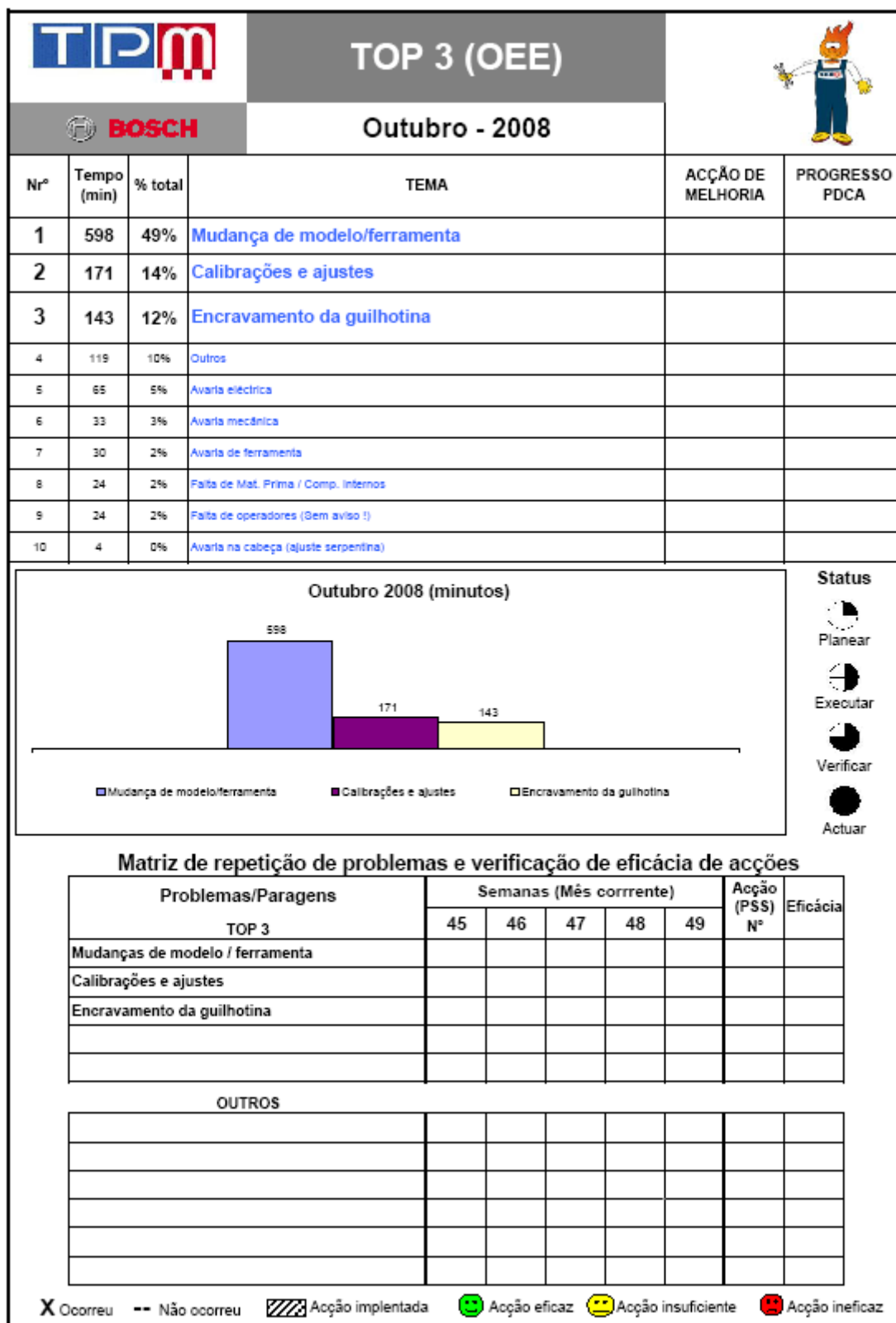
3 Contenção	Nº.	Acção de contenção (previne a continuidade do problema)	Responsável	Data, hora	Status
	1	Desencravamento imediato da guilhotina e pedido de intervenção ao departamento de manutenção		16-Out-08	
	2				
	Escalonado por		Escalonado para		Data, hora
	MFO	MFE			
4 Análise dos dados	Responsável pelo problema: MFE		Equipa: Equipa TPM		
	Dados suporte: Não existiu recolha de dados. No entanto verificou-se estado da ferramenta - correcta Verificou-se estado da matérias primas. Correcta Verificou-se alimentador da prensa - Trocou-se Verificou-se prensa - Detectou-se falhas no comando do alimentador.		7 Análise da eficiência	Dados suporte: 	
	C:\Documents and Settings\Administrador\Os meus documentos\info\tpm\PSS_Encravamento das guilhotinas				






6	Acções correctivas	Nº.	Causa raiz	Acções	Responsável	Data	Status		
		1	Cames da prensa	Contacto com o fornecedor da prensa para o bloqueio do casquilho de cames	MCE2	31-10-2008	A		
		2	Cames da prensa	Certificar que esta verificação é feita durante a manutenção preventiva	MCE2	31-10-2008	A		
		3	Guias da placa (empenos)	Testar guias da placa com aço com mola ou temperado.	MCE2	05-12-2008	A		
		4	Abura da ferramenta (base à matriz)	Pecas de substituição controlada dimensionalmente pelo fornecedor ou na recepção	MFE	31-10-2008	A		
		5							
8	Standardização	Standardização		Resp.	Data	Yokoten (Transferência da informação)		Resp.	Data
		QA-Matrix (Firewall)							
		P-FMEA							
		PQP (control plans)							
		Trabalho standardizado							
		Documentos da produção							
		Desenhos							
		Justificação para a não alteração dos standards		Justificação para a não necessidade de yokoten:					
9	<div>Resp. Departamento</div> <div>Eng. de processo/produção</div> <div>Supervisor/Resp. de secção</div> <div>Líder da equipa</div>				Data: <div>16.10.2008</div> <div>Responsável do problema</div>				

Anexo E: Análise de Pareto efectuadas às perdas (dados mensais)







			TOP 3 (OEE)			
			Novembro - 2008			
Nrº	Tempo (min)	% total	TEMA	ACÇÃO DE MELHORIA	PROGRESSO PDCA	
1	305	40%	Mudança de modelo/ferramenta			
2	132	17%	Encravamento da guilhotina			
3	128	17%	Avaria eléctrica 18 e 19.11.2008(1ºT) - Prensa 2 avariada (49' + 32')			
4	86	11%	Avaria mecânica			
5	78	10%	Calibrações e ajustes			
6	32	4%	Outros			
7	11	1%	Falta de Mat. Prima / Comp. internos			
8	0	0%	Avaria de ferramenta			
9	0	0%	Falta de operadores (Sem aviso !)			
10	0	0%	Avaria na cabeça (ajuste serpentina)			


Novembro 2008 [minutos]


■ Mudança de modelo/ferramenta
■ Encravamento da guilhotina
■ Avaria eléctrica
18 e 19.11.2008(1ºT) - Prensa 2 avariada (49' + 32')

Status

 Planear

 Executar






 Verificar




 Actuar

Matriz de repetição de problemas e verificação de eficácia de acções

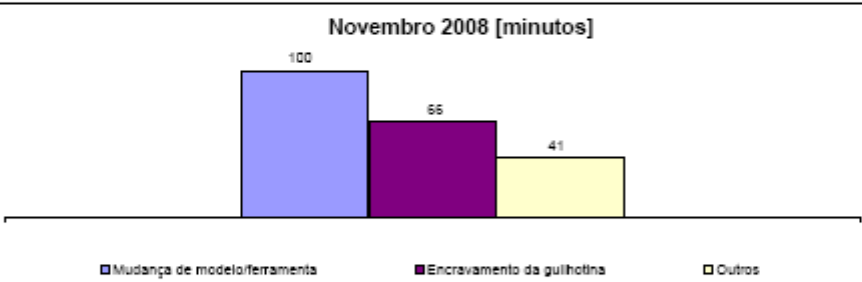
Problemas/Paragens TOP 3	Semanas (Mês corrente)					Acção	Eficácia
	49	50	51	52	1		
Mudança de modelo/ferramenta							
Encravamento da guilhotina							
Avaria eléctrica							

OUTROS

 Ocorreu
 -- Não ocorreu
  Acção implementada
  Acção eficaz
  Acção insuficiente
  Acção ineficaz





			TOP 3 (OEE)			
			Dezembro - 2008			
Nrº	Tempo (min)	% total	TEMA	ACÇÃO DE MELHORIA	PROGRESSO PDCA	
1	100	43%	Mudança de modelo/ferramenta			
2	66	28%	Encravamento da guilhotina			
3	41	18%	Outros			
4	12	5%	Calibrações e ajustes			
5	9	4%	Falta de Mat. Prima / Comp. internos			
6	4	2%	Avaria eléctrica			
7	0	0%	Avaria mecânica			
8	0	0%	Avaria de ferramenta			
9	0	0%	Falta de operadores (Sem aviso !)			
10	0	0%	Avaria na cabeça (ajuste serpentina)			

Novembro 2008 [minutos]



■ Mudança de modelo/ferramenta ■ Encravamento da guilhotina ■ Outros


Status




-  Planear
-  Executar
-  Verificar
-  Actuar

Matriz de repetição de problemas e verificação de eficácia de acções

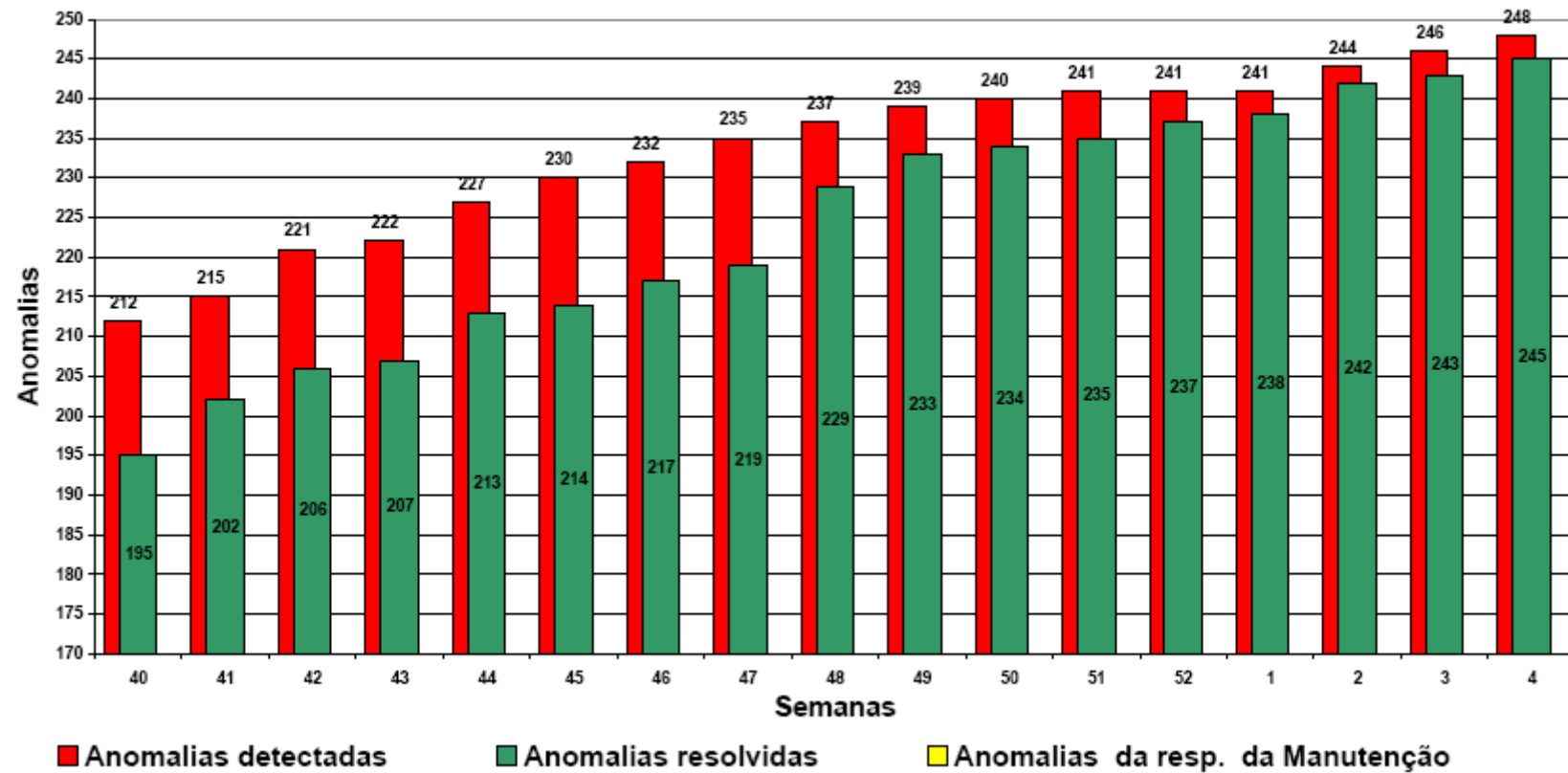
Problemas/Paragens TOP 3	Semanas (Mês corrente)					Acção	Eficácia
	1	2	3	4	5		
Mudança de modelo/ferramenta							
Encravamento da guilhotina							
Outros							

OUTROS

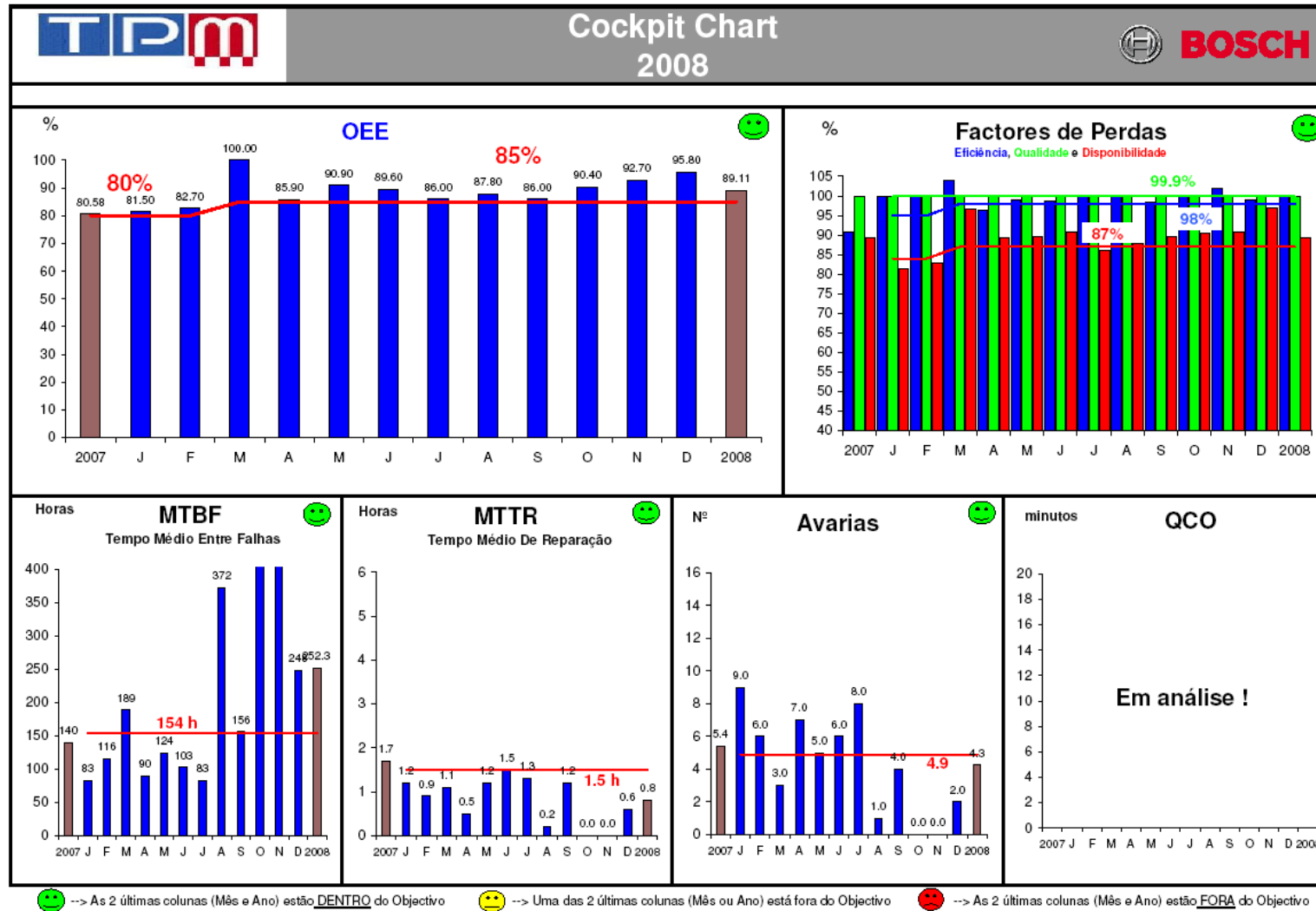
X Ocorreu - Não ocorreu  Acção implementada

 Acção eficaz  Acção insuficiente  Acção ineficaz

Anexo F: Gráfico de evolução de anomalias





















Anexo G: “Cockpit Chart” – “Indicadores do TPM – Valores final Dezembro”






Anexo H: Plano de Manutenção Autónoma – Versão completa de uma das zonas



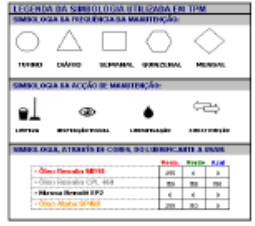
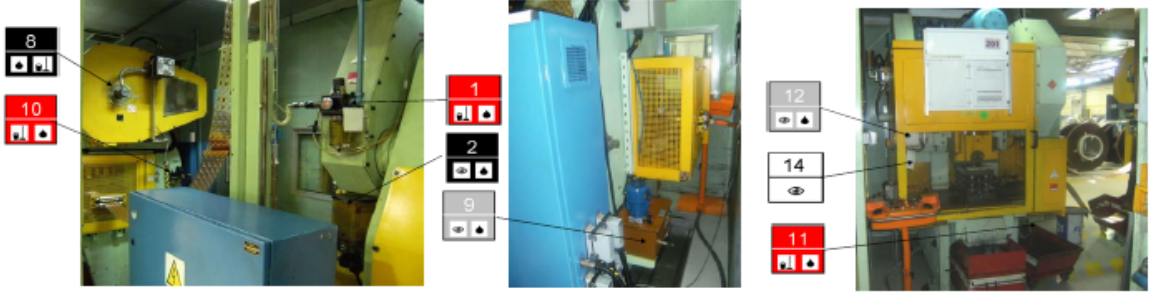
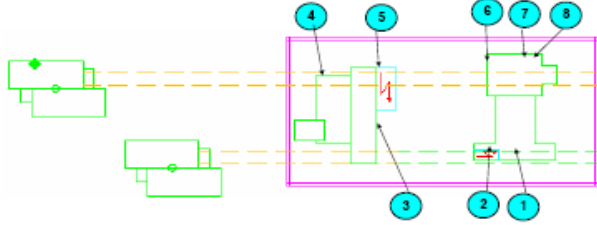
TPM		MANUTENÇÃO AUTÓNOMA - CIRCUITO POR TURNO ZONA 1 - PRENSAS		BOSCH																					
Nº de itens para intervenção:	13																								
Tempo total para execução:																									
Responsáveis pela execução:	Operadores do Equipamento																								
Procedimento:	1 - Executar os pontos de acordo com a sequência definida. 2 - Preencher a folha "Registos de MA". 3 - Qualquer desvio ao trabalho "Standard" deve ser registado na folha "Registo diário de problemas e ações correctivas" com o motivo do desvio e ação correctiva.																								
		LEGENDA DA SIMBOLOGIA UTILIZADA EM TPM SIMBOLOGIA DA PESQUISA DA MANUTENÇÃO: CÍRCULO: FALHA; TRIÂNGULO: DESVIO; QUADRADO: MANUTENÇÃO; HEXÂGONO: MANUTENÇÃO; DIAMANTE: MANUTENÇÃO. SIMBOLOGIA DA AÇÃO DE MANUTENÇÃO: CÍRCULO: LIMPEZA; TRIÂNGULO: AJUSTE; QUADRADO: LUBRIFICAÇÃO; HEXÂGONO: TROCENHO; DIAMANTE: TROCENHO. SIMBOLOGIA, ATRAVÉS DE CORES, DO LÍQUIDO/ARTE A SER: <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Verde</th> <th>Vermelho</th> <th>Azul</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Óleo Resina M110</td> <td>250</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Óleo Resina L100</td> <td>250</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Óleo Resina EP2</td> <td>250</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Óleo Resina SP 68</td> <td>250</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>					Verde	Vermelho	Azul	Óleo Resina M110	250	0	0	Óleo Resina L100	250	0	0	Óleo Resina EP2	250	0	0	Óleo Resina SP 68	250	0	0
	Verde	Vermelho	Azul																						
Óleo Resina M110	250	0	0																						
Óleo Resina L100	250	0	0																						
Óleo Resina EP2	250	0	0																						
Óleo Resina SP 68	250	0	0																						



















TPM		MANUTENÇÃO AUTÓNOMA - CIRCUITO POR TURNO						ZONA 1 - PRENSAS		BOSCH	
Nº Seq.	Máquina	Local	Ação/Metodologia	Ferramentas/Meios necessários	Tempo [min.]	Parag. Func.	Executar em:	Foto	Ponto do plano		
1	PRENSA PE065 EXCÊNTRICA	UTA (alimentador)	Verificar a pressão do manómetro		0,3	P/F	Início Turno				
2		Manómetro	Verificar a pressão do manómetro		0,3	F					
3	PRENSA EXCÊNTRICA DE 40T	Caixa sucata	Vazar caixa de sucata		2,0	F	Fim Turno				
4		Botoneiras de emergência	Verificação do funcionamento das 2 botoneiras de emergência		0,5	F	Início Turno				
5		Barreira de emergência	Verificação do funcionamento da barreira de emergência		0,3	P					
6		Posto de trabalho	Limpeza da mesa da prensa e área em redor	Pano ou pincel	2,0	P	Fim Turno				











MANUTENÇÃO AUTÓNOMA - CIRCUITO POR TURNO										BOSCH	
ZONA 1 - PRENSAS											
Nº Seq.	Máquina	Local	Ação/Metodologia	Ferramentas/Melos necessários	Tempo [min.]	Parag. Func.	Executar em:	Foto	Ponto do plano		
7	Desenroladores (exterior)	Redutores	Verificar potenciais fugas de óleo	Pano 	0,5	P/F	Início Turno				
87	PRENSA EXCÊNTRICA DE 40T	UTA	Verificar a pressão do manómetro		0,3	P	Início Turno				
9	PRENSA PE065 EXCÊNTRICA	Redutor	Verificar potenciais fugas de óleo	Pano 	0,3	F	Início Turno				
10		UTA	Verificar a pressão do manómetro		0,3	P/F	Início Turno				
11		Botoneira de emergência	Verificação do funcionamento da botoneira de emergência		0,5	P/F					
12		Caixa sucata	Vazar caixa de sucata		2,0	P	Fim Turno				

MANUTENÇÃO AUTÓNOMA - CIRCUITO POR TURNO										BOSCH	
ZONA 1 - PRENSAS											
Nº Seq.	Máquina	Local	Ação/Metodologia	Ferramentas/Melos necessários	Tempo [min.]	Parag. Func.	Executar em:	Foto	Ponto do plano		
13	PRENSA PE065 EXCÊNTRICA	Posto de trabalho	Limpeza da mesa da prensa e área em redor	Pano ou pincel 	2,0	P	Fim Turno				

TOTAL: 11,8

 MANUTENÇÃO AUTÓNOMA - CIRCUITO SEMANAL ZONA 1 - PRENSAS		
Nº de itens para intervenção:	9	
Tempo total para execução:		
Responsáveis pela execução:	Operadores do Equipamento	
Procedimento:	1 - Executar os pontos de acordo com a sequência definida. 2 - Preencher a folha "Registos de MA". 3 - Qualquer desvio ao trabalho "Standard" deve ser registado na folha "Registo diário de problemas e ações correctivas" com o motivo do desvio e ação correctiva.	
		
		

TPM		MANUTENÇÃO AUTÓNOMA - CIRCUITO SEMANAL ZONA 1 - PRENSAS							BOSCH
Nº Seq.	Máquina	Local	Ação/Metodologia	Ferramentas/Melos necessários	Tempo [min.]	Parag. Func.	Executar em:	Foto	Ponto do plano
1	PRENSA PE065 EXCÊNTRICA	UTA (alimentador)	Verificar nível de óleo, estado do filtro e rectificar se necessário. Purgar água do copo de condensação.	Óleo Renolin MR10 	0.5-2.5	F	Sexta Feira Final do Turno T1-Semanas pares; T2-Semanas ímpares		
2		Massa lubrificante	Verificar nível de massa e acrescentar se necessário	Massa Renolit EP2 	0.5-2.0	P			
3	PRENSA EXCÊNTRICA DE 40T	Massa lubrificante	Acrescentar 3 bombadas de massa	Massa Renolit EP2 	0.5-2.0	P			
4		Circuito interno de lubrificação da prensa	Verificar nível de óleo e acrescentar se necessário	Óleo Renolin CLP460 	0.5-2.0	P			
5		UTA	Verificar nível de óleo, estado do filtro e rectificar se necessário. Purgar água do copo de condensação.	Óleo Renolin MR10 	0.5-2.5	F			
6	PRENSA PE065 EXCÊNTRICA	UTA	Verificar nível de óleo, estado do filtro e rectificar se necessário. Purgar água do copo de condensação.	Óleo Renolin MR10 	0.5-2.5	F			

TPM		MANUTENÇÃO AUTÓNOMA - CIRCUITO SEMANAL						 BOSCH	
ZONA 1 - PRENSAS									
7	PRENSA PE065 EXCÊNTRICA	Circuito interno de lubrificação da prensa	Verificar nível de óleo e acrescentar se necessário	Óleo Renolin CLP460 	0.5-2.0	P	Sexta Feira Final do Turno T1-Semanas pares; T2-Semanas Impares		<div>12</div> <div></div>
8		Fim de curso	Verificação do funcionamento do fim de curso da protecção da prensa		0,5	F			<div>14</div> <div></div>
9	Toda Zona 1	Posto de trabalho	Limpeza geral das máquinas	Pano ou pincel 	5,0	P			<div>21</div> <div></div>
TOTAL:					9.0-20.0				

MANUTENÇÃO AUTÓNOMA - CIRCUITO MENSAL

ZONA 1 - PRENSAS

Nº de itens para intervenção: 3











Tempo total para execução:

Responsáveis pela execução: Operadores do Equipamento

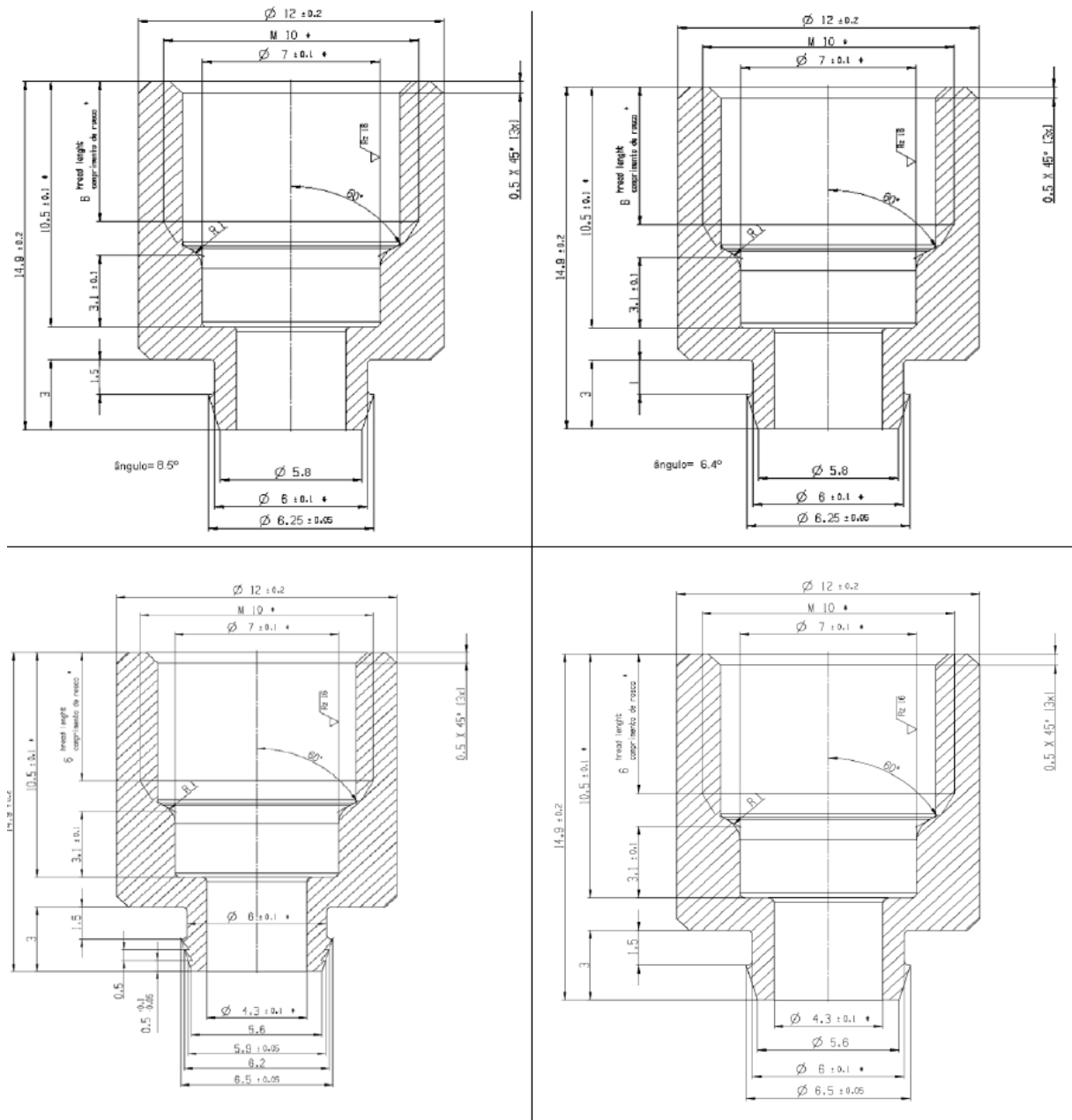
Procedimento:

- 1 - Executar os pontos de acordo com a sequência definida.
- 2 - Preencher a folha "Registos de MA".
- 3 - Qualquer desvio ao trabalho "Standard" deve ser registado na folha "Registo diário de problemas e acções correctivas" com o motivo do desvio e acção correctiva.

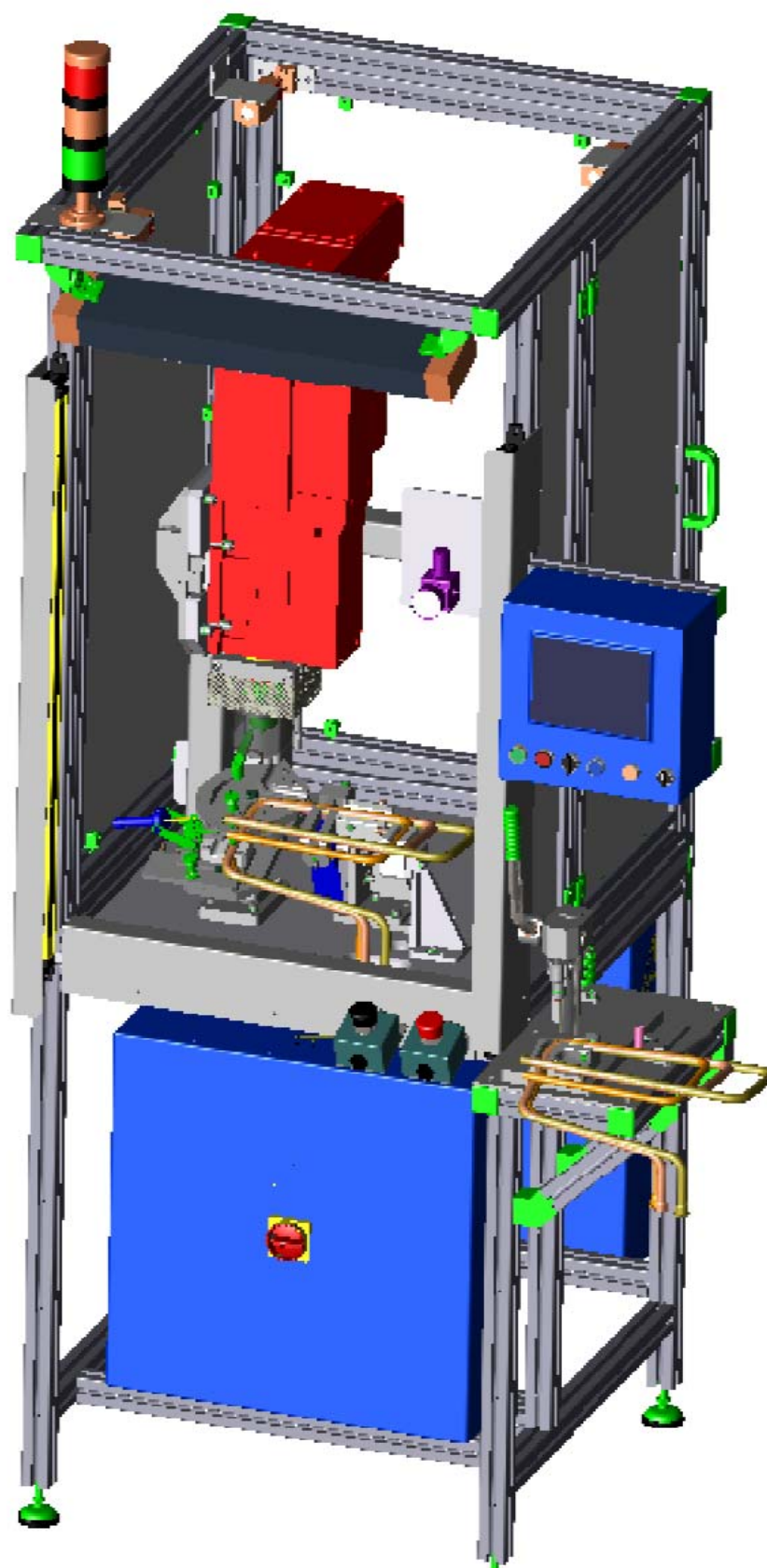
LEGENDA DA SIMBOLOGIA UTILIZADA EM T.M.			
SIMBOLOGIA EM FREQUÊNCIA NA MANUTENÇÃO:			
DIÁRIO	SEMANAL	QUINZENTENAL	MENSAL
SIMBOLOGIA EM ACÇÃO DE MANUTENÇÃO:			
LIMPEZA	INSPEÇÃO VISUAL	LUBRIFICAÇÃO	CORREÇÃO
SIMBOLOGIA, ATRAVÉS DE CORES, DE LUBRIFICANTE A USAR:			
	Verde	Amarelo	Vermelho
Óleo Renolin M68	Verde	Amarelo	Vermelho
Óleo Renolin CLP 460	Verde	Amarelo	Vermelho
Óleo Renolin EP2	Verde	Amarelo	Vermelho
Óleo Alpha SP 68	Verde	Amarelo	Vermelho

MANUTENÇÃO AUTÓNOMA - CIRCUITO MENSAL										ZONA 1 - PRENSAS				BOSCH	
Nº Seq.	Máquina	Local	Ação/Metodologia	Ferramentas/Meios necessários	Tempo [min.]	Parag. Func.	Executar em:	Foto	Ponto do plano						
1	887254/001 PRENSA PE065 EXCÊNTRICA	Óleo do volante	Verificar nível de óleo e acrescentar se necessário	Óleo Alpha SP460 	0.5-2.0	P	1ª Semana do mês - 6ª Feira Final turno T1-Meses pares; T2-Meses Impares								
2	885027/002 CABINE INSONORIZAÇÃO	Parte superior da cabine	Limpar parte superior da cabine	Pano e detergente 	10,0	P									
3		Filtros da exaustão	Substituir filtros	Filtro 	5,0	P									
TOTAL:										16.6-17.0					


Anexo I: Evolução do desenho do casquilho

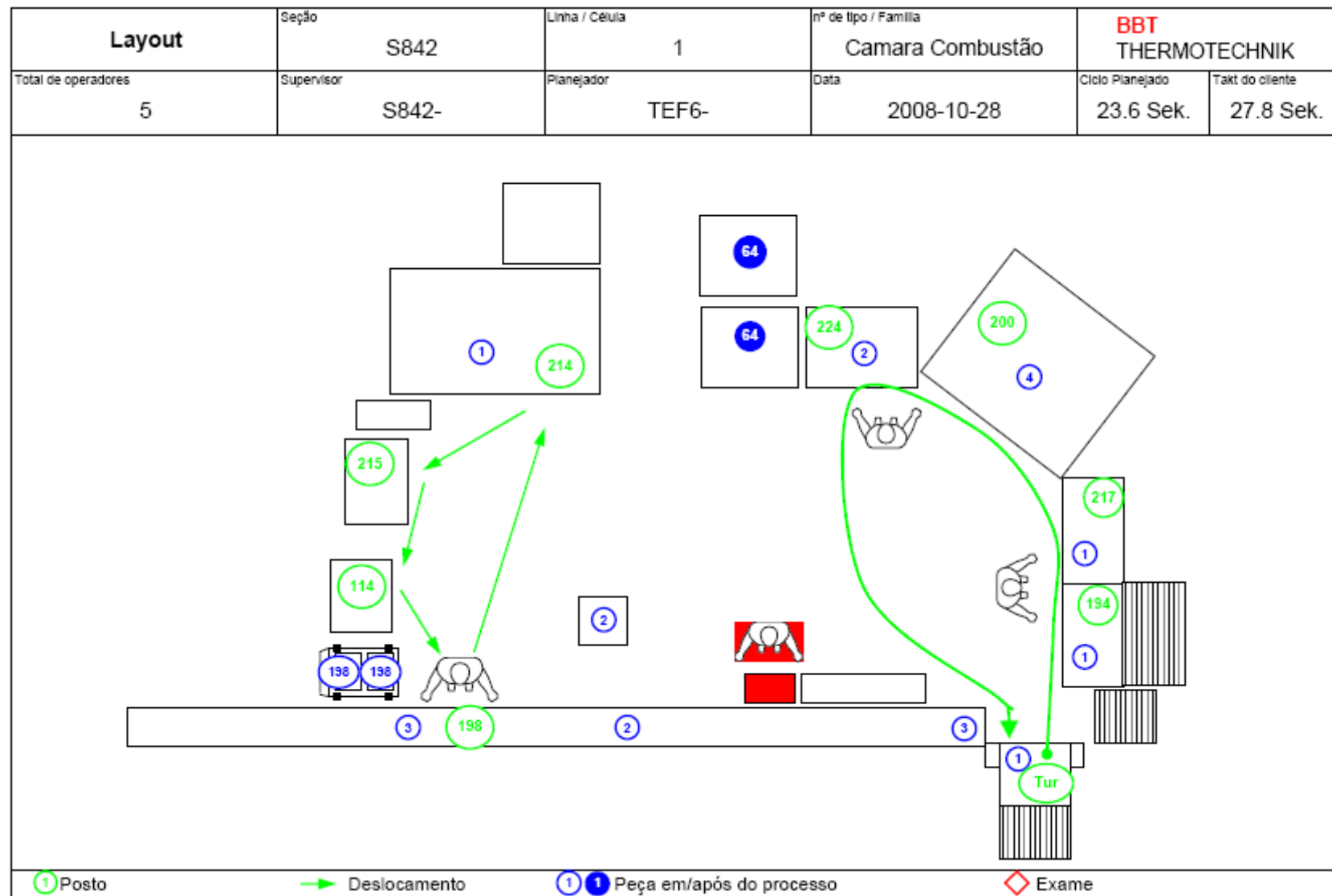


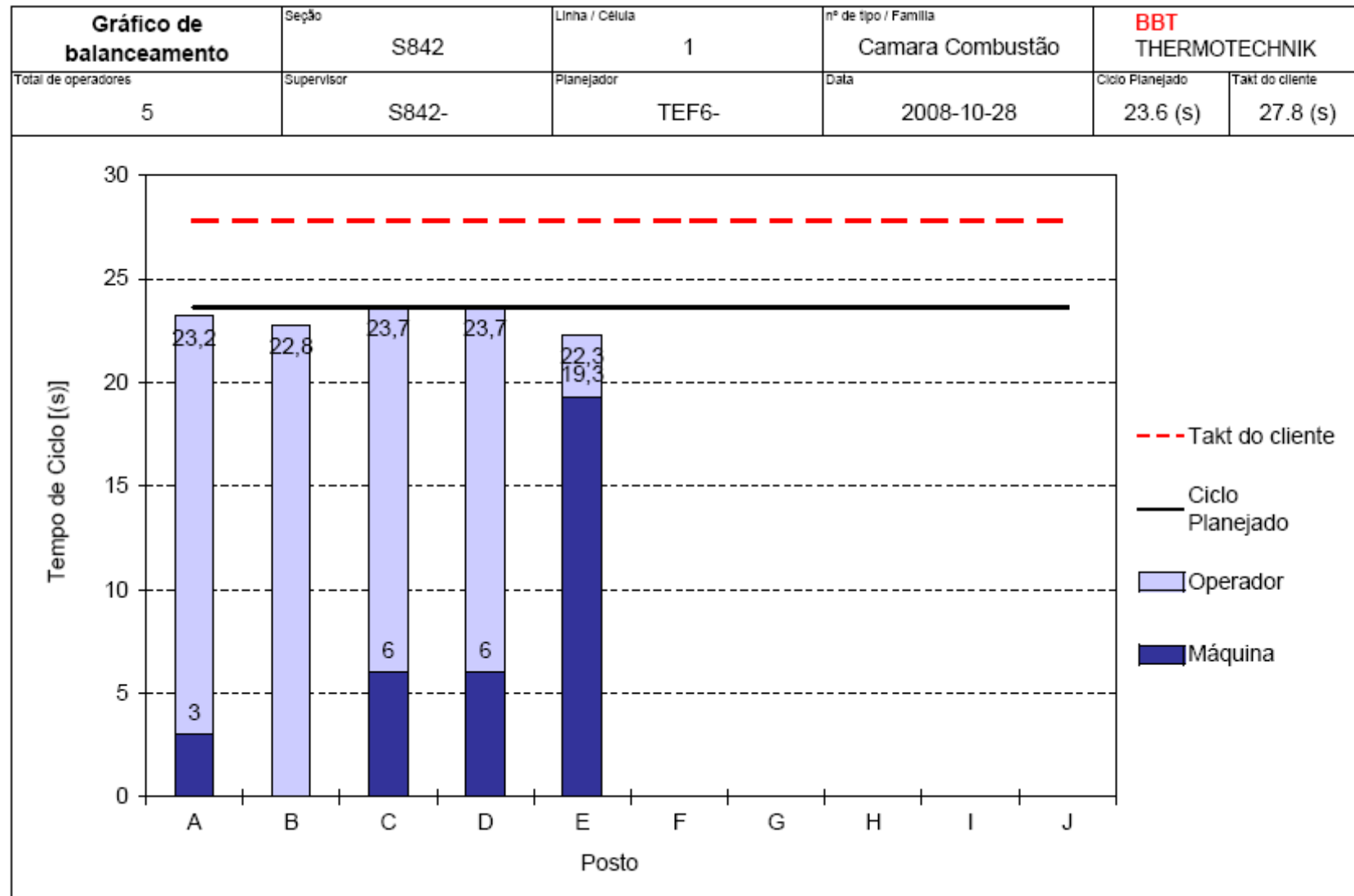
Anexo J: Máquina especificada para furar as serpentinas



Anexo K: Documentação Trabalho Normalizado

 BOSCH		Secção / Célula / Linha	Sistema de Trabalho	TTPNr. / Família		BAL - 0091	
		8842 - 1	Montagem	Camaras combustão 10L e 13L Normal			
		Responsável	Análise efectuada por	Data		Revisão	
Folha de Trabalho Standard		TEF6-	TEF6-	26-10-2008		01	
Nr.	Operações	Tempo [seg]	Nº Operadores	5	4	3	2
			Tack cliente	27,8	34,7	46,3	69,5
			Tempo ciclo planeado	23,6	29,5	39,4	59,1
			Output esperado cliente	950	760	570	380
			Capacidade da célula	1119 [1113]	894 [851]	671	447 [414]
1000	Tempo de colocação de lamelas nos pentes em automático (Tempo médio das bandas)	40,3	Banda 1 e 2	20,2	20,2	20,2	20,2
1020	Colocar soldas nas lamelas	6,1	P198	6,1	6,1	6,1	6,1
2000	Passo	0,90		7,0	7,0	7,0	7,0
1034	Furar sala	3,6	P114	10,6	10,6	10,6	10,6
2000	Passo	0,90		11,5	11,5	11,5	11,5
1030	Montar sala no pente	3,6	P198	15,1	15,1	15,1	15,1
1040	Montar tubos em U na sala	4,7		19,8	19,8	19,8	19,8
1010	Acolonar transferência da camara	0,4		20,1	20,1	20,1	20,1
1010	Pegar soldas e verificar posicionamento correcto das lamelas	3,0		23,1	23,1	23,1	23,1
2000	Passo	0,90		0,9	0,9	0,9	0,9
1060	Pegar camara para a bancada	2,0	PTurbuladores	2,9	2,9	2,9	2,9
1070	Colocar soldas no tubo U	4,7		7,6	7,6	7,6	7,6
1080	Montar turbuladores	9,2		16,8	16,8	16,8	16,8
1090	Transferir camara para o próximo posto	1,62		18,4	18,4	18,4	18,4
1100	Colocar solda na serpentina de água quente e montar na camara	3,8	P194	22,2	22,2	22,2	22,2
1111	Pegar molhos de serpentinas para a mesa	0,29		22,5	22,5	22,5	22,5
1112	Colocar soldas na mesa	0,29		22,8	22,8	22,8	22,8
1110	Colocar solda na serpentina de água fria e montar na camara	5,22		5,2	28,0	28,0	28,0
1120	Montar serpentinas (cabeça)	13,61	P217	18,6	13,6	41,6	41,6
1140	Montar fusível	5,58		24,4	19,2	47,2	47,2
1130	Montar cotovelo	4,86		29,3	24,1	52,1	52,1
1150	Libertar camara do gabarito	1,26		30,5	25,3	53,3	53,3
1160	Colocar camara no gabarito de soldura e retirar camara soldada para o próximo posto	10,37	P200	40,9	35,7	63,7	63,7
1190	Colocar soldas redondas nas serpentinas	4,32		45,2	40,0	68,0	27,5
1191	Deslocar da máquina expansão até cabeça	2,27		2 Operadores 23,7	42,3	70,3	29,7
1170	Retirar câmara expandida, colocar outra para expandir, tempo de expansão	5,40	P224	5,4	47,7	75,7	35,1
1200	Colocar câmara na paleta	1,80		7,2	49,5	77,5	36,9
1192	Troca de carro câmaras cheio por vazio	0,3		7,5	49,7	2 Operadores 39,0	37,2
1035	Deslocar da máquina de expansão até máquina estampar	3,60		11,1	53,3	26,7	40,8
1031	Dobrar e agramar sala	3,42	P214	14,5	2 Operadores 30,1	30,2	44,2
1033	Deslocamento até máquina de estampar sala	0,90		15,4	24,0	31,1	45,1
1033	Estampagem da sala	2,40	P215	17,8	26,4	33,5	47,5
1035_1	Deslocar da máquina de estampar sala até expansão	4,50		22,3	30,9	38,0	52,0





Instrução de Produção e Qualidade

**BOSCH****IPQ-123**

Sequência de Trabalho		
Nº	Mão Esquerda/mão Direita	
	Posicionamento automático do dispositivo (pente) com lamelas no posto	
	Posicionar guia das soldas no pente	
	Pegar e colocar saia no pente com lamelas Nota: A janela do piloto deve ficar posicionada para o lado esquerdo do operador	
	Empurrar as soldas com a guia até à posição final e posicionar correctamente a saia	
	Pegar e colocar os tubos em "U" nos orifícios da saia/lamelas	
	Desviar guia das soldas	
	Accionar comando para avanço do actual e reposição de outro gabarito (pente)	

Instruções de qualidade				
Defeito	Observações	Origem	Detecção	Limite resposta
Lamelas empenadas		Guilhotina	Visual	1 peça